

THESIS

BONN

1969

NACHREAKTION VEGETATIVER FUNKTIONEN  
AUF SENSORISCHE STIMULI IM  
24-STUNDEN-VERSUCH BEIM MENSCHEN

INAUGURAL - DISSERTATION

zur

Erlangung des Doktorgrades

der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu

BONN

vorgelegt von

Werner Herrmann

aus Aachen

BONN 1969





Digitized by the Internet Archive  
in 2026



NACHREAKTION VEGETATIVER FUNKTIONEN  
AUF SENSORISCHE STIMULI IM 24 -  
STUNDEN - VERSUCH BEIM MENSCHEN

Inaugural-Dissertation  
zur  
Erlangung des Doktorgrades  
der  
Hohen Medizinischen Fakultät  
der  
Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

zu  
BONN

vorgelegt von  
Werner Herrmann

aus Aachen

BONN 1969

Anfertigung mit Genehmigung der Medizinischen  
Fakultät der Universität Bonn

1. Referent: Professor Dr.A.W.von EIFF
2. Referent: Professor Dr.A. HEYMER

Tag der mündlichen Prüfung: 20.August 1969

Aus der Medizinischen Universitätsklinik Bonn  
Direktor: Professor Dr.A.HEYMER

# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                          | Seite |
|--------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 <u>EINLEITUNG</u>                                                      | 3     |
| 2 <u>METHODIK DER EXPERIMENTE</u>                                        | 5     |
| 2.1 <u>VERSUCHSPERSONEN</u>                                              | 5     |
| 2.2 <u>VERSUCHSPARAMETER</u>                                             | 5     |
| 2.2.1 <u>Auswahl der Parameter</u>                                       | 5     |
| 2.2.2 <u>Die scores und ihre Meßfehler</u>                               | 6     |
| 2.2.2.1     Blutdruck                                                    | 9     |
| 2.2.2.2     Herzfrequenz                                                 | 20    |
| 2.2.2.3     Atemfrequenz                                                 | 21    |
| 2.2.2.4     Muskeltonus                                                  | 22    |
| 2.3 <u>VERSUCHSABLAUF</u>                                                | 26    |
| 3 <u>ERGEBNISSE</u>                                                      | 30    |
| 3.1 <u>DATENVERARBEITUNG UND STATISTISCHE<br/>              METHODEN</u> | 30    |
| 3.2 <u>AUTONOME NACHREAKTION</u>                                         | 40    |
| 3.2.1 <u>Effekt der sensorischen Stimulation</u>                         | 41    |
| 3.2.2 <u>Effekt der Gewöhnung</u>                                        | 46    |
| 3.2.3 <u>Effekt des Tag-Nacht-Rhythmus</u>                               | 48    |
| 3.3 <u>KORRELATION ZWISCHEN AUTONOMEN<br/>              REAKTIONEN</u>   | 52    |
| 3.4 <u>FAKTORENANALYSE AUTONOMER REAKTIONEN</u>                          | 58    |
| 4 <u>DISKUSSION</u>                                                      | 63    |
| 4.1 <u>NACHREAKTION</u>                                                  | 63    |
| 4.2 <u>STEUERUNGSFAKTOREN</u>                                            | 67    |
| 5 <u>ZUSAMMENFASSUNG</u>                                                 | 72    |

6 ANHANG

|     |                                                      |    |
|-----|------------------------------------------------------|----|
| 6.1 | Abkürzungsverzeichnis                                | 73 |
| 6.2 | Verzeichnis der Abbildungen,<br>Tabellen und Schemen | 75 |
| 6.3 | Literaturverzeichnis                                 | 76 |
| 6.4 | Abbildungen der Originaldaten                        | 87 |
| 6.5 | Lebenslauf                                           | 95 |

## 1 EINLEITUNG

=====

Nachdem CANNON 1929 die These aufgestellt hatte, daß die meisten Emotionen von diffusen Entladungen des sympathischen Nervensystems begleitet sind ( 119 ), folgte eine Fülle von Beobachtungen über das Verhalten autonomer Funktionen unter Stimulation durch verschiedenartige Reize ( 14, 22, 27, 29, 38, 39, 40, 48, 60, 61, 72, 74, 76, 82, 83, 94, 97, 98, 100, 103, 106, 113, 114, 115 und 116 ).

Über die Reaktionsweise des autonomen Nervensystems nach Beendigung der Stimulation liegen jedoch erst wenige Arbeiten vor ( STERNBACH, 102/ v.EIFF, 36/ STOKVIS, 104/ IMHOF, 58 ).

Unter autonomer Nachreaktion wird hier die Reaktion der vom Sympathikus und Parasympathikus gesteuerten Körperfunktionen, die nach Stimulation meßbar sind, verstanden ( SPALDING, 97 ).

Nachreaktionszeit ist die Zeitdauer bis zur Rückbildung auf basale Werte unter strengen Ruhebedingungen. Da eine anhaltende Tonuserhöhung des autonomen Nervensystems ( ANS ), wie sie durch unphysiologische Stimulation in vielen modernen Berufszweigen vorliegt, als Ursache organischer Erkrankungen diskutiert wird ( v.EIFF, 41 ), stellt sich die Frage, welche Zeitspanne der vegetative Tonus benötigt, um sich nach Abschaltung der beruflichen Stimulation wieder zu normalisieren. In diesem Sinne könnte das Studium der autonomen Nachreaktion einen Beitrag zur Pathogenese und Prophylaxe der neurogenen ( essentiellen ) Hypertonie und anderer Erkrankungen leisten.

Außer der Normalisierungszeit interessiert weiterhin, ob eine tageszeitliche Rhythmik der autonomen Nachreaktion und eine Gewöhnung an langdauernde Stimulation existieren.

Das autonome Nervensystem ist ein überaus komplexes Gebilde, und die Reaktionen seiner Erfolgsorgane unterliegen so vielfältigen physikalischen, sensorischen und psychischen Einflüssen, daß sich fast von selbst die Frage stellt, welche steuernden Prinzipien hinter diesen verwirrend vielen Einzelreaktionen stehen. Durch den raschen Fortschritt der datenverarbeitenden Methoden ist es gelungen, in vielen unübersichtlich erscheinenden Teilgebieten der Wissenschaft klare Strukturen und Zusammenhänge herauszuarbeiten. Diese Methoden haben auch Einzug in die Psychosomatik gefunden ( GALBRECHT, 48/ FAHRENBERG, 43/ SPEISMAN, 98/ LACEY, 72 ).

Mit Hilfe der Faktorenanalyse haben die Psychologen erstmalig gemeinsame Faktoren ( general factor ) bei verschiedenen Intelligenztests festgestellt und konnten so bei der Einführung neuer Tests bestimmen, wie hoch der Test mit dieser oder jener Intelligenzkomponente geladen war. Von der Psychologie her hat die Psychosomatik die Methode der Faktorenanalyse übernommen ( GALBRECHT, 106/ FAHRENBERG, 43 ).

FAHRENBERG und DELIUS ( 43 ) haben psychologische und physiologische Daten miteinander korreliert und die Korrelationsmatrix dann in Faktoren zerlegt. Nicht benutzt wurde die Faktorenanalyse bisher aber für die Fragestellung nach Anzahl und quantitativer Wirksamkeit von Faktoren, die die autonomen Reaktionen in der Nachreizperiode steuern. Zur Untersuchung dieser Probleme wurden simultan mehrere autonome Funktionen nach physiologischer Stimulation an gesunden Probanden mit objektiven und in den Fehlern kontrollierten Methoden im 24-Stunden-Experiment gemessen.

## 2 METHODIK DER EXPERIMENTE

### 2.1 VERSUCHSPERSONEN

Es wurde ein homogenes Probandenkollektiv von sechs gesunden männlichen Studenten im Alter von 20 bis 27 Jahren ausgewählt. Bei allen VPN<sup>+</sup>) wurden normale Blutdruckwerte, normales Ruhe- und Belastungs-EKG und ein normaler SCHELLONG-Test ermittelt. Die VPN waren Bewohner des Studentenheimes, in dem die Experimente ausgeführt wurden. Es konnten nur solche Versuchspersonen genommen werden, die mit den angelegten Meßführern auf dem Rücken schlafen konnten und tagsüber durch die Messungen nicht irritiert wurden. Die VPN wurden entlohnt.

### 2.2 VERSUCHSPARAMETER

#### 2.2.1 Auswahl der Parameter

Es wurden bisher eine Vielzahl von vegetativen Reaktionen in psychosomatischen Studien untersucht. Unter anderem : Atemfrequenz ( 84, 117, 92 ), Atemminutenvolumen ( 42 ), Atemgasaustausch ( 42 ), Herzfrequenz ( 86, 72, 98, 79, 76, 27 ), Herzminutenvolumen ( 42 ), Blutdruck ( 42, 4, 14, 43, 96, 89, 79, 34 ), Vasokonstriktion und Dilatation ( 59 ), Finger- und Muskeldurchblutung ( 84 ), Grundumsatz ( 42 ), Darmmotilität und Sekretion ( 84 ), Hautwiderstand ( 89 ), Hauttemperatur ( 84 ) und Muskeltonus ( 4, 34, 40 ).

Für die Auswahl der hier zu messenden autonomen Funktionen waren folgende Gesichtspunkte maßgebend:

1. hohe Reaktionsempfindlichkeit der Parameter auf geringe sensorische Reize,

---

<sup>+</sup>) Diese und folgende Abkürzungen werden im Abkürzungsverzeichnis, Kap.6, 1, erklärt.

2. komplementäre Ergänzung der einzelnen Parameter zu einem für das autonome Nervensystem repräsentativen Spektrum,
3. Eignung für den 24-Stunden-Versuch,
4. geringe psychische Irritation der VPN durch die Meßfühler und
5. quantitative Meßbarkeit mit kleiner Fehlerbreite der Methode.

Diese Bedingungen wurden am vollständigsten durch die folgenden erfüllt: Herzfrequenz ( HF ), Blutdruck ( RR, RRs, RRd ), Atemfrequenz ( AF ) und Muskeltonus ( T ).

#### 2.2.2 Die scores und ihre Meßfehler

Die Abbildungen 1 und 2 zeigen den Versuchsaufbau und in schematischer Übersicht die Bestimmung der Meßdaten.

MESSDATEN  
SCHREIBER

SCHEMA DES VERSUCHSAUFBAUS  
INFORMATIONSWANDLER

VERSUCHSPERSON  
U. MESSFÜHLER

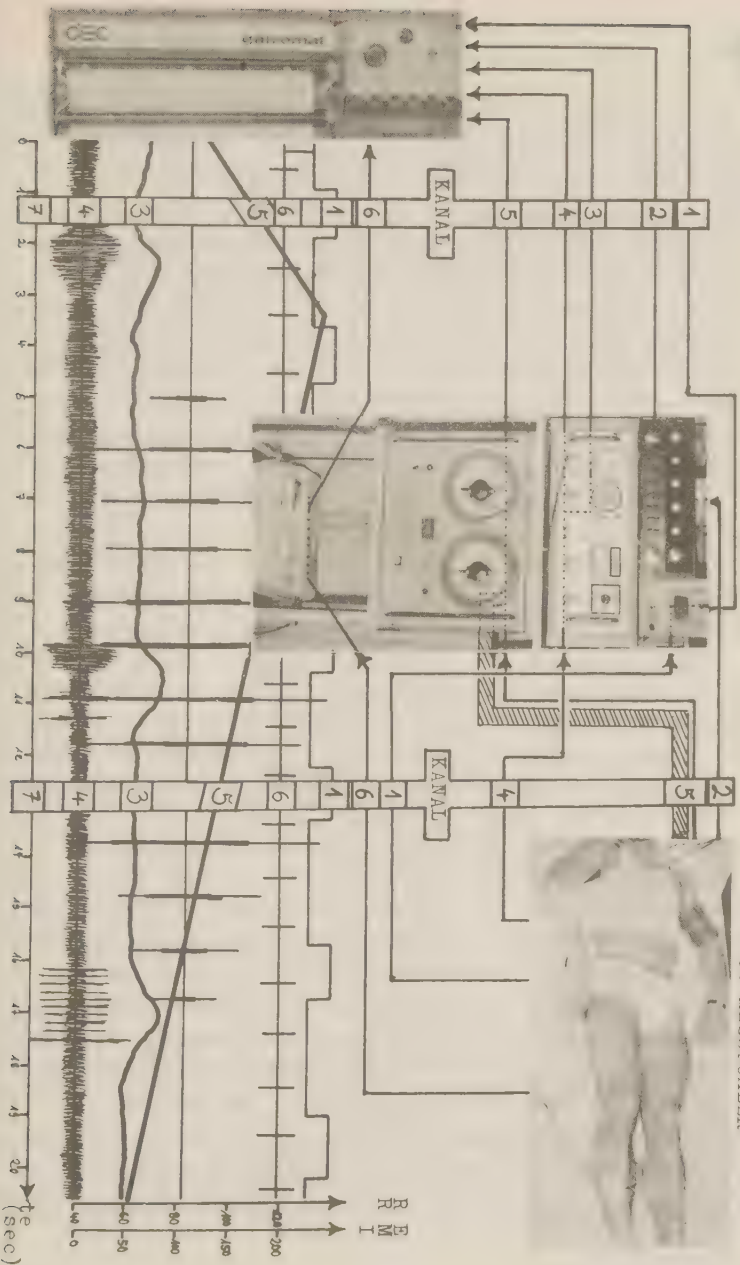


Abbildung 1

# BESTIMMUNG DER MESSDATEN

| K<br>A<br>N<br>A<br>L | ZU<br>MESS-<br>SEN-<br>DE<br>GRÖS<br>SE | MESS-<br>GRÖSSE<br>= INF.<br>INPUT                                                 | MESS-<br>FÜHLER                                                          | INFORMATION-<br>WANDLER        | INFORMATION-<br>WANDLER                                                 | BESTIM-<br>MUNG<br>DER<br>MASS-<br>ZAHL                                                                                                      | DIMEN-<br>SION             | MESSFEHLER<br>INF. INPUT<br>→ MASS-<br>ZAHL                                                                                      |
|-----------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                     | AF                                      | Umfang<br>Ände-<br>rung<br>des<br>Abdo-<br>mens<br>Impuls                          | Gummi-<br>band-<br>um-<br>schalter<br>AIR-<br>SHIELD                     | AIR-<br>SHIELD                 | Ein-<br>heits-<br>impul-<br>se bei<br>Deh-<br>nung u.<br>Steu-<br>chung | Aus-<br>zah-<br>lung<br>der<br>Deh-<br>nungs-<br>impul-<br>se<br>über<br>60 sec                                                              | Impul-<br>se pro<br>min    | $MF = \frac{100}{2 \cdot AF} \%$<br>bei $\alpha$<br>von 0<br>$MF =$<br>$\pm 2,5\%$                                               |
| 2                     | RRs<br>RRd                              | Ge-<br>räusch<br>über<br>A. bra-<br>chia-<br>lis                                   | Infra-<br>tonmi-<br>krofon<br>SIE-<br>MENS                               | MC<br>INTOSH<br>u. Fil-<br>ter | elek-<br>tri-<br>sche<br>Schwin-<br>gungen                              | Höhe<br>der<br>Kurve<br>Kanal 5<br>bei<br>Auf-<br>treten<br>des<br>ersten<br>(RRs)<br>u. let-<br>zten<br>KOROT-<br>KOFF-<br>TONES<br>Kanal 2 | mm Hg                      | $MF =$<br>$\frac{60}{2 \cdot RRd} \frac{sp}{dt}$<br>$\frac{1}{dt} = 4,5$<br>bei FF<br>von 60<br>$MF =$<br>$\pm 1,5 \text{ mmHg}$ |
| 5                     |                                         | Man-<br>schet-<br>ten-<br>druck                                                    | RIVA<br>ROCCI<br>Man-<br>schet-<br>te                                    | SIE-<br>MENS                   | Sy-<br>n-<br>chro-<br>nisation<br>am Kon-<br>takt-<br>aktor             | Am-<br>plitude<br>des<br>ersten<br>(RRs)<br>u. let-<br>zten<br>KOROT-<br>KOFF-<br>TONES<br>Kanal 2                                           |                            | $MF =$<br>$\pm 1,5 \text{ mmHg}$                                                                                                 |
| 4                     | T                                       | Poten-<br>tialdif-<br>ferenz<br>über m.<br>STE-<br>extens.<br>digit. und<br>longus | Haut-<br>elek-<br>troden<br>und<br>PHAN-<br>digit. und<br>longus<br>EIFF | STE-<br>P44N<br>und<br>EIFF    | Impuls<br>vari-<br>abel in<br>Fre-<br>quenz<br>und Am-<br>plitu-<br>de  | Höhe<br>des<br>Impul-<br>ses                                                                                                                 | mV                         | $MF \leq \pm 5\%$                                                                                                                |
| 3                     | EMI                                     |                                                                                    |                                                                          |                                | U <sub>c</sub> ge-<br>mittelt<br>1 min<br>60<br>Werte                   |                                                                                                                                              | mV sec                     |                                                                                                                                  |
| 6                     | HF                                      | Poten-<br>tialdif-<br>ferenz                                                       | EKG<br>Abl. II                                                           | HELI-<br>GE                    | Impuls-<br>syn-<br>chron<br>mit R                                       | Impul-<br>se / 60<br>sec                                                                                                                     | Impul-<br>se pro<br>Minute | $MF = \frac{100}{2 \cdot FF} \%$                                                                                                 |
| 7                     | te                                      | Quarz-<br>schwin-<br>gung                                                          | ---                                                                      | CEC                            | Impuls                                                                  | Impul-<br>se/sec                                                                                                                             |                            | $MF < .5\%$                                                                                                                      |

Abbildung 2

### 2.2.2.1 Blutdruck

Die zu messende Größe ist der intraarterielle Blutdruck. Um hohe Validität und Reliabilität zu gewährleisten, hätte der Blutdruck direkt gemessen werden müssen. Eine direkte Messung kam aber wegen der Länge des Versuches nicht infrage. Außerdem ist nicht kontrolliert, inwieweit die Prozedur der direkten Messung die autonomen Reaktionen beeinflusst. Es wurde deshalb eine indirekte Methode angewandt. Für die Länge des Versuches und die Erfordernis, daß die VPN durch die Blutdruckmessung nicht gestört wurden, war die auskultatorische Methode nach RIVA-ROCCI/KOROTKOFF am geeignetsten. Fortlaufende indirekte Messung (BRECHT, 16) wäre zu belastend gewesen, besonders mit Rücksicht auf den Schlaf. Das von v.UEXKÜLL'sche Gerät (108) kann KOROTKOFF-Töne von Bewegungen des Mikrofons oder der Zuleitungen (Artefakte) nicht unterscheiden. Die gleichen Schwächen haben auch die heute gebräuchlichen automatischen Geräte (z.B. Siemens). Diese Geräte können außerdem, wie vergleichende Messungen gezeigt haben, trotz diffiziler Filterung zu wenig zwischen sogenannter Pulswelle und KOROTKOFF-Ton unterscheiden und liefern deswegen besonders bei Bestimmung des diastolischen Wertes erhebliche Fehler.

Um geringe Blutdruckänderungen verwerten zu können, wurde an die Apparatur die Anforderung gestellt, den maximalen Meßfehler kleiner als  $\pm 5$  mm Hg zu halten. Das Problem der Störeinflüsse und der Unterscheidung KOROTKOFF-Ton von anderen gefäßbedingten Geräuschen wurde durch die Anregung einer Untersuchung von ORAHOVATS (85) über den KOROTKOFF-Ton auf folgende Weise gelöst: Mit einer Infratonkapsel als Meßfühler (BRECHT, 14,21) der Firma Siemens wurden die Geräusche über der Arteria brachialis, die mit der üblichen RIVA-ROCCI-Manschette komprimiert wurde, aufgenommen und durch ein Gerät der Firma Stephan verstärkt. Dieses Gerät arbeitet bis hinab zu Frequenzen von 5 Hz fast linear.

Die resultierende Kurve wird mit dem UV-Galvanometer der Firma CEC aufgezeichnet, das in den Frequenzen von 5 Hz bis 1 000 Hz linear und mit geringer Trägheit arbeitet.

Abbildung 3.

Eine graphische Auftrennung des Geräusches ließ eine langsamere Frequenz, die Pulswelle genannt wurde, von einer schnelleren Frequenz, die KOROTKOFF-Ton genannt wurde, unterscheiden.

Abbildung 4.

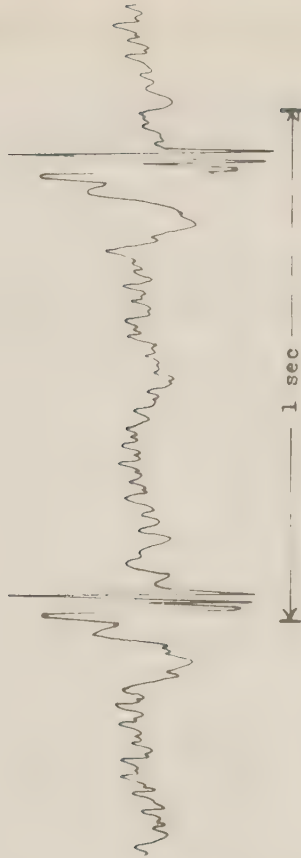


Abbildung 3

DARSTELLUNG DER GERÄUSCHE ÜBER DER  
A.BRACHIALIS

zwischen systolischem und diastolischem  
Blutdruck während einer Druckmessung mit  
einer Manschette nach RIVA-ROCCI.

Infratonabnehmer Siemens

Verstärker Stephan/ v.EIFF

Keine Filterung

Schreiber CEC Galvomat

VP: KI, 4.4.1966

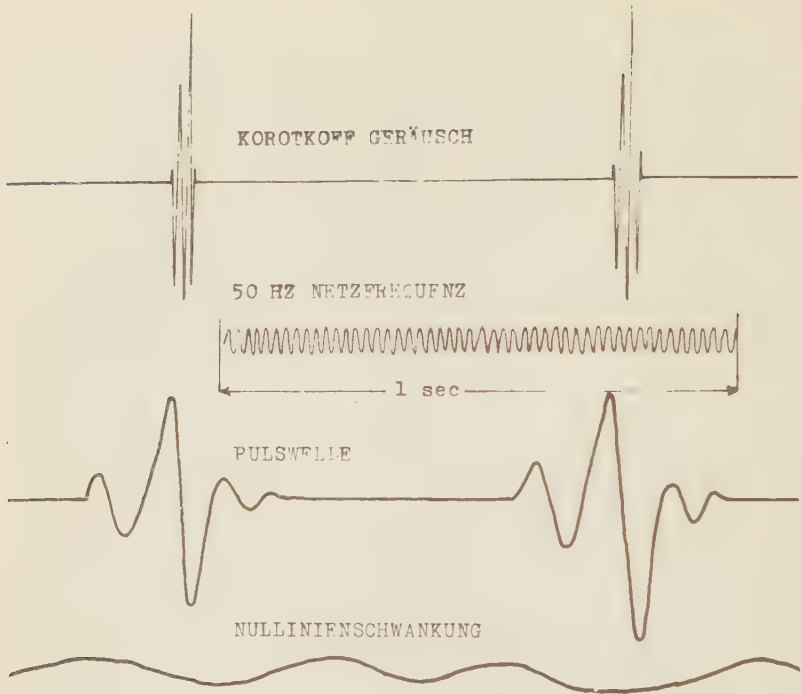


Abbildung 4    GRAPHISCHE AUFTRENNUNG DER ÜBER DER  
A.BRACHIALIS REGISTRIERTEN SCHWINGUNGEN

|                     |            |         |
|---------------------|------------|---------|
| Nullinienschwankung | ca         | 2,5/sec |
| Netzfrequenz        |            | 50 /sec |
| Pulswelle           | ca 9 - 12  | /sec    |
| KOROTKOFF Geräusch  | ca 45 - 55 | /sec    |

Es wurde dann versucht, die Auftrennung durch Filterung zu erreichen.

Abbildung 5 zeigt das ungefilterte Geräusch über den Verstärker Stephan laufend und das durch McINTOSH gefilterte Geräusch. Aufnahme und Verstärkung erfolgten simultan durch 2 völlig getrennte Systeme.

Die langsamere Frequenz, die Pulswelle genannt wurde, gibt es mit kleiner Amplitude auch oberhalb und mit großer Amplitude unterhalb des Manschettendruckbereiches, in dem die schnellere Frequenz, die KOROTKOFF-Ton genannt wurde, auftritt. Die langsamere Frequenz verursacht bei manchen Personen ebenfalls Geräusche, wie in vergleichenden Messungen festgestellt wurde ( rechter Arm Aufnahme über Mikrofon und grafische Registrierung, linker Arm simultan Abhören der Geräusche mit dem Stethoskop ). Sie erklärt vermutlich auch das sogenannte Null-Phänomen ( MAIDORN, 29 ), daß Töne nämlich manchmal bis zu einem Manschettendruck von Null gehört werden, z.B. bei Patienten mit Aorteninsuffizienz. Bei intraarteriellen Messungen wurde in solchen Fällen ein diastolischer Wert stets über Null gefunden.

Der höchste positive Ausschlag der schnelleren Frequenz ( KOROTKOFF-Ton ) wurde zu der R-Zacke im EKG in Beziehung gesetzt und dabei festgestellt, daß eine konstante zeitliche Abhängigkeit besteht, wie Abbildung 6 zeigt.

Daraus folgt, daß der gemessene Ton sich bei fallendem Manschettendruck der R-Zacke des EKG nähert. Es muß sich dabei also um ein Geräuschphänomen handeln, das in zeitlicher Beziehung zum Öffnen des Gefäßes entsteht. Vermutlich handelt es sich um Geräuschphänomene durch turbulente Strömung ( BÄLINT, 5 ) beim Einströmen des Blutstromes in einen leeren Kondensator. Deswegen wurde das registrierte Geräusch zu Recht als KOROTKOFF-Ton bezeichnet. Der

KOROTKOFF-Ton war deutlich von der Pulswelle zu trennen. Dies war, wie vergleichende Messungen gezeigt haben, mit dem Ohr nicht immer möglich, ebenso nicht mit dem automatischen Gerät der Firma Siemens. Vergleichende Messungen verschiedener Untersucher ( v.EIFF/ANDERSON, 1 ) und an verschiedenen Versuchspersonen ( STEELE, 99 ) haben dieses Dilemma gezeigt. Der KOROTKOFF-Ton ist bei Auftreten ( RRs ) leise, schwillt dann an und wird, bevor er verschwindet ( RRd ), wieder leise. Er hat einen spindelförmigen Verlauf, wie aus Abbildung 7 hervorgeht.

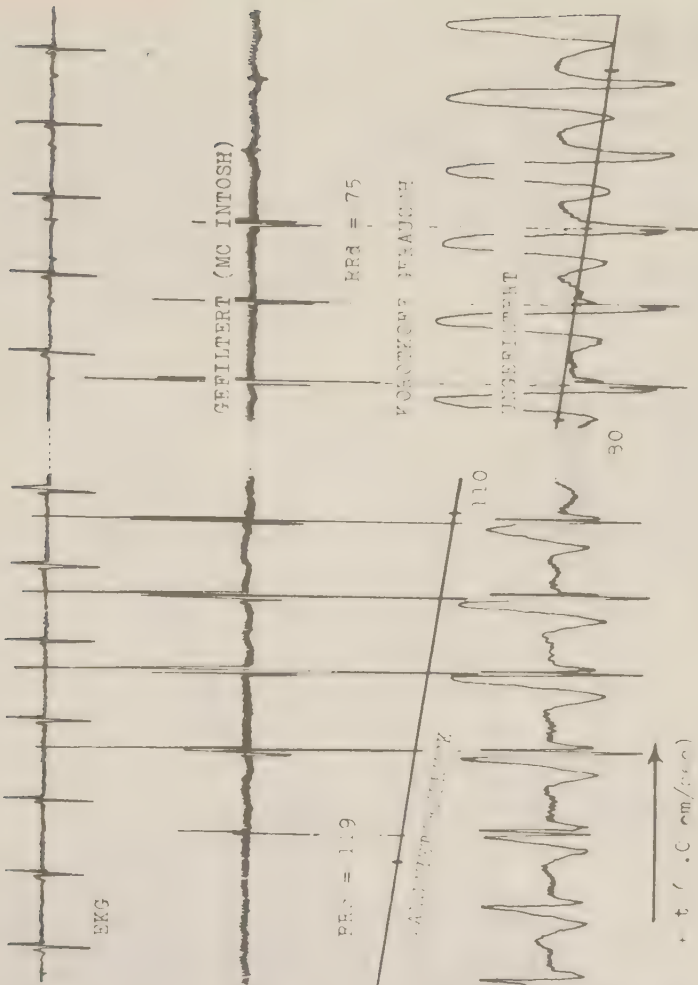


Abbildung 5

VERGLEICHENDE DARSTELLUNG UNGEFILTERTER UND  
GEFILTERTER KOROTKOFF'scher GERÄUSCHE

ZUR DEMONSTRATION DER TRENNSCÄRFE DES KO-  
ROTKOFF GERÄUSCHES VON DER PULSWELLE

Getrennte Aufnahme der Geräusche mit 2 Infraton-  
abnehmern ( Siemens )

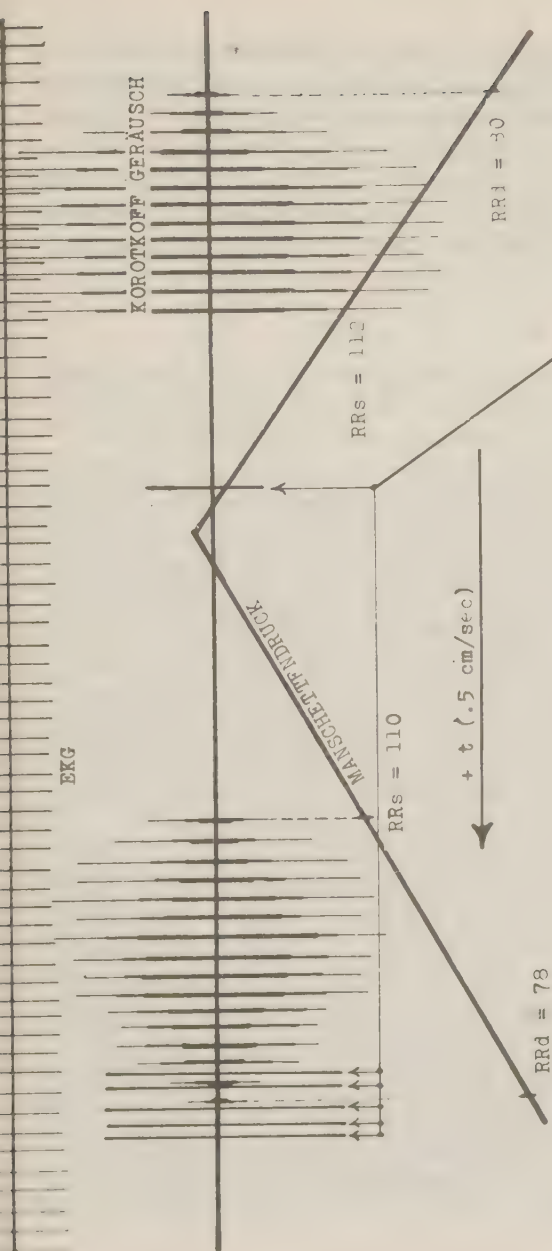
VP KI, 4.4.1966



**Abbildung 6** DARSTELLUNG DES ABSTANDES ZWISCHEN R-ZACKE IM EKG UND DEN HÖCHSTEN POSITIVEN AUS - SCHLÄGEN DES KOROTKOFF GERÄUSCHES (Abszisse) IN ABHÄNGIGKEIT VOM MANSCHETTENDRUCK (Ordinate)

Manschette RIVA-ROCCI  
Infratonabnehmer Siemens  
Verstärker und Filter McINTOSH

In die Kurven ist die Nr. der VP eingetragen. Die Werte stammen aus der jeweils letzten Messung der 2. Versuchsreihe, die mit 8 cm/sec geschrieben wurde. In die Kurve der VP 4 ist schematisch ( GREEN ) der Druckverlauf im li. Ventrikel bzw. der Aorta eingezeichnet, um zu demonstrieren, daß sich die Kurve verhält wie der Druckanstiegschenkel in der Aorta.



Darstellung einer Blutdruckmessung bei steigendem und fallendem Manschetendruck mit der Möglichkeit, Artefakte zu erkennen.

Artefakte können nur dann mit KOROTKOFF-Geräuschen verwechselt werden, wenn sie die gleiche Zeitdauer haben, gleichen Abstand zur R-Zacke im EKG, und wenn sich die Artefakte in die Spindel einordnen lassen.

Abbildung 7

Die Wellenbewegung in der Spindel fand eine Erklärung darin, daß bei einem Individuum die Amplitude des KOROTKOFF-Tones bei Erhöhung des Blutdruckes zunimmt, wie vergleichende Messungen unter Ruhe und Belastung gezeigt haben. Da die Maxima der Welle im Inspirium, die Minima im Expirium liegen, also atemsynchron sind, wurde angenommen, daß es sich um respiratorische Blutdruckschwankungen handelt. Dieser Schluß steht im Einklang mit zahlreichen Untersuchungen von KOEPCHEN (17) zu diesem Problem.

Der Informationsweg der mit dem Siemens-Mikrofon aufgenommenen Geräusche über der Arteria brachialis läuft über Kanal 2 ( Abb. 1 und 2 ). Das Mikrofon wurde nach Palpation der A.brachialis mit Pflaster fixiert, um während der 24-stündigen Versuche konstante Bedingungen zu gewährleisten. Informationswandler ist ein Verstärker der Firma McINTOSH, mit dem die oben beschriebene Trennung von Pulswelle und KOROTKOFF-Ton vorgenommen wurde. Informationsoutput sind Schwingungen, die durch den KOROTKOFF-Ton verursacht sind. Sie werden auf dem UV-Schreiber CEC-Galvomat registriert. Mit diesem Schreiber wurden alle Daten simultan aufgezeichnet. Das Siemens-Blutdruckgerät wurde über ein gesondertes Mikrofon gesteuert als Pumpe für die Druckmanschette benutzt. Die Manschette wurde wie die Mikrofone mit Pflaster fixiert, um auch hier konstante Bedingungen zu gewährleisten. Informationsweg des Manschettendruckes ist Kanal 5 ( Abb.1 und 2 ). Informationsoutput ist die Spannung an einem Kondensator. Die Höhe der Kurve 5 ( Abb.1, 5 und 7 ) ist Maß des Manschettendruckes. Die Aufpump- und Ablassgeschwindigkeit waren regulierbar. Von der Ablassgeschwindigkeit hängt die Trennschärfe ab für die Entscheidung, ob ein KOROTKOFF-Ton vorliegt oder nicht, was beim diastolischen Wert bei zu langsamer Ablassgeschwindigkeit auch schon wegen der respiratorischen Blutdruckschwankungen eine Rolle spielt. Sie muß genügend hoch sein, damit eine scharfe Trennung möglich ist ( BORDLEY, 12/ BAUEREISEN, 6 ). Je höher die Ab-

laßgeschwindigkeit, desto größer aber der Ablesefehler. Die Ablassgeschwindigkeit wurde deswegen so lange erhöht, bis bei 96 von hundert Messungen eine scharfe Trennung möglich war. Der Differentialquotient  $\frac{dp}{dt}$  betrug dann 4,5 mm Hg/sec. Der systolische und diastolische Blutdruck ist der Manschettendruck beim ersten bzw. letzten KOROTKOFF-Ton. Der physiologische Meßfehler beträgt:

$$MF = \frac{60}{2 \cdot PF} \cdot \frac{dp}{dt} \quad \text{mm Hg}$$

Bei einer Herzfrequenz von 60/min beträgt der Fehler deswegen  $\pm 2,25$  mm Hg.

Das Problem, inwieweit der mit den Mängeln der auskultatorischen Methode gemessene Druck dem intraarteriellen Druck entspricht, ist von vielen Autoren ( BONSdorFF, 11/ O.FRANK, 45/ BAuEREISEN, 6 ) untersucht worden. Insbesondere haben vergleichende Messungen ( LASZT, 74/STEELE, 99/ ROBINOW, 90) zwischen direkten und indirekten Methoden gezeigt, daß es keine einheitlich festgestellte Korrelation zwischen dem intravasalen Druck und dem, der durch die auskultatorischen Methoden bestimmt wird, gibt. Dafür sind auch die angewandten Methoden zu verschieden. Insbesondere der diastolische Wert zeigt erhebliche Abweichungen. Für die Unterschiede geben die Autoren vielerlei Erklärungen, wie Nicht-Unterscheidbarkeit zwischen Pulswelle und KOROTKOFF-Ton, Subjektivität des Untersuchers, undefinierbare Geräuschphänomene oberhalb des systolischen und unterhalb des diastolischen Druckwertes an. Bei der vorliegenden Untersuchung sind aber nur definierbare Geräusche registriert worden, die Registrierung erfolgte objektiv und die Unterscheidung zwischen KOROTKOFF-Ton und Pulswelle ist so trennscharf gelungen, daß der Fehler unterhalb  $\pm 2,5$  mm Hg liegt. Eine auskultatorische indirekte Blutdruckmessung mit höherer Genauigkeit gibt es nicht. Allerdings ist diese Methode sehr aufwendig und deswegen nur für wissenschaftliche Untersuchungen geeignet.

Über die Genauigkeit bei interindividuellen Vergleichen äußert sich KRETHLOW ( 71 ) wegen der Vielzahl der Einflüsse, wie verschieden hoher Ruhedruck, verschieden große Amplitude, Weichteilfaktor und Gefäßstarre, kritisch. In der vorliegenden Untersuchung kommt es aber nur auf die Konstanz der intraindividuellen Bedingungen an. Hier sind der Weichteilfaktor ( ANSCHÜTZ, 2/ HEINEMANN, 56 ), die Armlage ( KRAUSE und KLEPZIG, 70 ), sowie die Gefäßstarre konstant. Physiologische Meßfehler können bei langsamer Schreibgeschwindigkeit durch eine Anzahl von Nebengeräuschen entstehen, die gleiche Striche liefern wie der KOROTKOFF-Ton. Automatische Geräte wie das von Siemens oder von v.UEXKÜLL und WICK ( 108, 109 ) oder EDINGER ( 30 ) können hier keine Unterscheidung treffen. Durch Analyse des KOROTKOFF-Tones bei schneller Schreibgeschwindigkeit war aber eine Unterscheidung möglich. Bei langsamer Schreibgeschwindigkeit ist sie möglich wegen der zeitlichen Zuordnung zu dem EKG, dem spindelförmigen Verlauf der KOROTKOFF-Töne und der Dauer des Geräusches, wie aus Abbildung 7 hervorgeht. Artefakte traten in 32 von hundert Messungen auf. In 27 Fällen waren sie eindeutig erkennbar, in 5 Fällen ließen sie eine Bestimmung des Blutdruckes innerhalb der gesetzten Fehlergrenzen nicht zu. Diese Messungen wurden nicht verwertet.

#### 2.2.2.2 Herzfrequenz

Die zu messende Größe ist die Herzfrequenz ( HF ). Der Meßweg ist Kanal 5 des Systems ( siehe Abb. 1 und 2 ). Es wird die Extremitätenableitung II über die bekannten Elektroden aufgenommen und das Herzaktionspotential durch das Gerät Hellige Simplicriptor verstärkt. Anschließend wird so gefiltert, daß die Kammeranfangsschwankung als

Strich auf dem Fotopapier erscheint. Die Ausschlagrichtungen sind vertauscht. Die Striche werden über eine Minute aus gezählt. Der Meßfehler in der Informationskette input - score beträgt maximal:  $MF = \frac{100}{2 \cdot PF} \%$ .

Bei einer Frequenz von 80/min ist der Meßfehler kleiner als 1 % und damit unerheblich. Der physiologische Meßfehler ist kleiner als der physikalische. Die Herzfrequenz ist der beste score hinsichtlich der Validität und Reliabilität. Ihm ist deswegen bei der Beurteilung der vegetativen Reaktion eine besondere Bedeutung beizumessen.

### 2.2.2.3 Atemfrequenz

Die zu messende Größe ist die Atemfrequenz ( AF ). Der Meßweg läuft über Kanal 1 des Systems ( Abb. 1 und 2 ). Um das Abdomen wird ein Gummigürtel in Höhe des Nabels gelegt. Ein Umschalter ( Airshield ) wird so angebracht, daß zu Beginn der Dehnungsphase ( Inspiration ) Schaltstellung 1 und zu Beginn der Stauchungsphase ( Expiration ) Schaltstellung 2 bezogen wird. Das Meßgerät der Firma Airshield gibt bei Schaltstellung 1 eine höhere Spannung ab als bei Stellung 2. Die Dehnungsimpulse werden über 60 sec ausgezählt. Der physikalische Meßfehler in der Kette Informationsinput-score beträgt  $MF = \frac{100}{2 \cdot AF} \%$ .

Bei einer Atemfrequenz von 20/min ist der Meßfehler =  $\pm 2,5 \%$ . Durch die grafische Registrierung sind Atemzüge, die nicht zu einer Schaltung führen, erkennbar. Die ausgefallene Registrierung wird in einem solchen Falle mitgezählt. In 100 ausgezählten Meßminuten fanden sich drei solche Fälle. Jede Rumpfbewegung der VP, Husten und willkürliche Innervation der Bauchmuskulatur führen wegen der Empfindlichkeit des Umschalters zu gleichen Impulsen. Die Zuverlässigkeit und Genauigkeit der Meßmethode muß deswegen kontrolliert werden. Bisher verwendete Geräte, die entweder die Spannung an einem Kondensator registrieren, oder aber die Anzahl der Impulse in ein

Zählwerk geben, können so erheblich zu hohe Werte liefern. In 100 ausgezählten Messungen fanden sich elf solcher Störungen. Ohne grafische Registrierung wären deswegen 11 % der AF-Werte unzuverlässig. Mit Hilfe der grafischen Registrierung konnten in neun von elf Fällen die Fehler eindeutig erkannt werden und lieferten dann dasselbe Ergebnis wie bei der Auszählung während der Beobachtung der VPN-Messungen, bei denen sich Fehler nicht eindeutig eliminieren ließen, wurden nicht gewertet.

#### 2.2.2.4 Muskeltonus

Die zu messende Größe ist der Muskeltonus. Die Meßwege sind Kanal 3 und 4 ( Abb.1 und 2 ). Die Meßgröße ist die Potentialdifferenz zwischen 2 Hautelektroden, die im Abstand von 2 cm ( genormt nach v.EIFF, 32 ) über dem Musculus extensor digitorum longus des rechten Armes ( bei Rechtshändern ) mit genormter Berührungsfläche angebracht werden. Es wurde eine Muskelgruppe des rechten Unterarmes gewählt, weil nach v.EIFF ( 40 ) der rechte Unterarm bei Rechtshändern den größten Anteil an der Gesamtaktivität der Extremitätenmuskulatur hat. Die Elektroden hatten eine Exkavation, die mit Elektrodenpaste ausgefüllt wurde. Genormte Berührungsfläche ist wichtig, da Anzahl und Höhe der Aktionspotentiale davon abhängig sind und intraindividuelle Vergleiche, besonders über längere Zeiträume, sonst nicht möglich wären. Aus diesem Grunde wurden die Elektroden während des 24-stündigen Versuches nie gewechselt. Die Hautstellen, an denen die Elektroden angelegt waren, wurden am ersten Versuchstag markiert, um den intraindividuellen Vergleich über mehrere Versuchstage zu ermöglichen.

Als Informationswandler wurde ein Myointegrator nach v.EIFF der Firma Stephan benutzt. Informationsoutput sind:

a) Muskelaktionspotentiale ( T ) variabel in Frequenz und Amplitude. Sie werden über Kanal 4 des UV-Schreibers aufgezeichnet. Die Spannung des Potentials an den Elektroden wird aus der Differenz zwischen höchstem positiven und tiefstem negativen Ausschlag gemessen ( BUCHTHAL, 5 ). Die Registrierung des Tonus dient der visuellen Kontrolle von Artefakten.

b) Elektromyointegral ( EMI ). Informationsoutput des EMI ist die Spannung an einem Kondensator, die über Kanal 3 des UV-Schreibers registriert wird. Diese Spannung ist direkt proportional dem Integral  $\int U dt$  ( mV · sec ) und ermöglicht quantitative Aussagen über den Muskeltonus. Dieses Verfahren hat sich seit Jahren in zahlreichen Versuchsreihen bewährt. Durch den Kondensator, der sich über einen hochohmigen Widerstand entlädt, wird eine Dämpfung hervorgerufen. Sie ist erforderlich, um wegen der Trägheit des Zählwerkes einen zu hohen Informationsverlust zu vermeiden. Gemessen wird das mittlere EMI über eine Minute, indem der EMI-Wert von 60 sec bestimmt und durch 60 dividiert wird.

Da die gebräuchlichen Verfahren der Statistik eine Normalverteilung der Daten voraussetzen, die EMI-Werte sich aber logarithmisch verteilen, wird eine logarithmische Transformation der Skala vorgenommen. Da viele Nullwerte beim EMI vorkommen, wird ein konstanter Faktor eingeführt:  $EMI' = \log ( EMI + K )$ . Für diese Konstante ( K ) fand v.EIFF ( 37 ) empirisch die Zahl 2, "als Symbol für den integralen Muskeltonus, der mit der Versuchsanordnung nicht erfaßt wird". Die in den Rechnungen angewandten Tonuswerte lauten demnach  $EMI' = \log ( EMI + 2 )$ .

Die EMI-Werte weichen maximal um  $\pm 5 \%$  von den Werten des Zählwerkes im Meßgerät ab. Da die Trägheit des Galvanometers im UV-Schreiber wesentlich geringer ist als die des Zählwerkes, sind die grafisch registrierten Werte exakter.

Gemessen werden soll die Muskelaktivität nach Ausschaltung aller Willkürmotorik. Diese Aktivität nennt GÖPFERT ( 53 ) Restaktivität. Es ist jene Aktivität, die von autonomen

Impulsen gesteuert wird und wie viele Versuchsreihen gezeigt haben, auch durch optische und akustische Reize beeinflusst werden. Nach GÖPFERT ist die Elektromyografie elektrische Ausdrucksform der Muskelaktivität, jedoch kann sie nicht als exaktes Maß für den kontraktile Tonus gelten, soweit Absolutwerte gefordert werden ( GÖPFERT, 52 ). Exakte Korrelationen zwischen der Aktivität autonomer Zentren und dem EMI-Wert existieren nicht. Gesichert ist lediglich, daß Reize, die autonome Reaktionen wie Blutdruck, Herzfrequenz etc. beeinflussen, auch eine Wirkung auf das Elektromyogramm haben. In zahlreichen Versuchsreihen hat sich sogar gezeigt, daß der Muskeltonus ein sehr empfindliches Maß für die vegetative Reaktion ist. Er wird für den besten Indikator der Affektivität gehalten ( v.EIFF, 35 ). Obwohl über die Validität zwischen zu messender Größe und gemessener Größe = Meßgröße keine quantitative Aussage gemacht werden kann, soll doch auf die Erhebung eines so empfindlichen Maßes nicht verzichtet werden. Da es bei der Ermittlung des Tonus nicht um ein qualitatives, sondern ausschließlich um ein quantitatives Problem geht, sind Oberflächen Elektroden für die Validität des Wertes besser als Nadelelektroden ( v.EIFF, JÖRGENS, 63 ). Nadelelektroden sind für die diagnostischen Messungen ( WOLTER, 118 ) exakter.

Ein großes Problem hinsichtlich der Genauigkeit und Zuverlässigkeit des EMI-Wertes ist die Willkürmotorik. Aus dem EMI-Wert läßt sich nicht erkennen, was Willkürmotorik ist, was autonome Reaktion. Da maximale willkürliche Innervation  $10^3$  -  $10^4$ -fache Werte der Restaktivität liefern kann, sind die Auswirkungen nur geringer willkürlicher Innervation sehr hoch. Die visuelle Tonuskontrolle ermöglicht es, Willkürinnervationen, die zu einer Verschiebung der Hautoberfläche führen, zu erkennen. Dann nämlich wird die Kapazität des Kondensators Elektrode-Weichteile-Elektrode verändert, was sich in einer Verschiebung der Nulllinie auswirkt. Aus diesem Grunde wurde der Tonus mitregistriert. So sind auch

noch Willküraktivitäten eliminierbar, die nicht zu einer optisch sichtbaren Bewegung führen. Der physiologische Meßfehler des EMI-Wertes ist sehr groß und nicht kontrollierbar. Eine Verwendung dieses score ist deswegen nur unter großen Vorbehalten möglich. Es darf nicht übersehen werden, daß eine einzige Willkürinnervation während der Meßminute alle Exaktheit bei der Kette zwischen Informationsinput und Maßzahl zunichte macht. Um so erstaunlicher ist es, daß das EMI, wie sich später zeigen wird, ein Vergleich mit Größen, deren Reliabilität kontrollierbar ist, nicht zu scheuen braucht was Reaktion auf optische und akustische Reize angeht. Bei der Bestimmung des EMI-Wertes wird deswegen eine visuelle Tonuskontrolle für erforderlich gehalten, damit gröbere Einflüsse durch Willkürmotorik erkannt werden können. Eine exaktere Methode zur Bestimmung der autonom bedingten Muskelaktivität als die hier angewandte gibt es leider nicht.

### 2.3 VERSUCHSABLAUF

Um die Reaktionsweise des autonomen Nervensystems unter der angegebenen Fragestellung studieren zu können, mußten die VPN unter dem Einfluß eines Reizes untersucht werden. Eine Stimulation des ANS ist grundsätzlich durch physikalische, sensorische und psychische Reize möglich. Zur Bestimmung eines einzelnen Reizeffektes wäre es theoretisch notwendig, alle anderen Reizeinflüsse auszuschalten. Es ist aber bei den erwähnten einzelnen Reizarten nicht abzusehen, wie weit sie direkt und wie weit sie über zusätzliche Auslösung psychischer und physikalischer Reize das autonome Nervensystem stimulieren. (SPALDING, 97/ IMHOF, 58/ STEINMANN, 100/ BAUST, 7 ). Zusätzlich unterliegt das ANS dem dauernden Einfluß vielfältiger Reize. Um eine weitgehend reizbezogene Reaktion des einzelnen autonomen Parameters zu erhalten, wurden die Reizart und die Versuchsbedingungen so gewählt, daß die gleichzeitige sekundäre Stimulation des ANS möglichst gering blieb. Nach diesen Voraussetzungen bieten sich Reize an, die durch die Wahl ihrer Art und Intensität den Versuchspersonen vertraut sind ( common-life im Gegensatz zu specific-life-situation ) und deshalb keine zusätzliche psychische Stimulation bewirken. Gleichzeitig müssen die Stimuli in der Lage sein, die Reaktion der autonomen Funktionen signifikant gegenüber Ruhe zu erhöhen. Diese Bedingungen wurden durch das Angebot sensorischer Reize unter Behaglichkeitsbedingungen erfüllt. Es wurden optische und akustische Stimuli gewählt und zwar in Form von Dauerreizung ( im Gegensatz zu den meisten psychosomatischen Experimenten, die nur Minuten oder wenige Stunden dauern ) um zu prüfen, ob bei gesunden Probanden die Nachreaktionszeit von der Dauer der Stimulation abhängt. Optische und akustische Reize sind am häufigsten verwendete Reize in Form von Filmen

(v.EIFF, 40 ), 'Rechenaufgaben ( v.EIFF/DÜHRSEN, 28 ), Töne und Breitbandgeräusche ( v.EIFF/JANSEN, 62/ ROSSI, 91 ), hoch- und niederfrequenter Lärm ( DROGICHINA, 27 ) und Industrielärm ( BRAMBRING, 14 ). Physikalisch definierte Stimuli bieten zwar den Vorteil direkter Reizproduzierbarkeit, sind aber als Dauerreize unphysiologisch. Deshalb wurden sie nicht verwendet.

Im einzelnen wurde folgendermaßen vorgegangen: Die VPN hatten bis 9<sup>00</sup> Uhr gefrühstückt. Anschließend wurden die Meßfühler angeschlossen und auf Funktion geprüft ( siehe Abb.1: Schema des Versuchsaufbaues ). Um 9<sup>30</sup> Uhr legten sich die VPN in das Bett des Studentenwohnheimes, um 10<sup>00</sup> Uhr wurde die erste Messung durchgeführt.

Jede VP nahm 3 x 24 Stunden lang an dem Versuch teil: Versuchsreihe 1,2 und 3. Zwischen den einzelnen Versuchsreihen lag eine Zeit von mindestens 3 und höchstens 8 freien Tagen. Die Reihenfolge der VPN wurde durch Zufalls - kriterien bestimmt.

Bis auf Essens- und Defäkationspause ( 2 x 40 Min ) waren die VPN ununterbrochen an die Meßgeräte angeschlossen. Die Meßfühler blieben auch während der Pausen angeschlossen ( siehe Kap.2.2.2 ). Messungen wurden in der Versuchsreihe 1 und 3 alle 20 Min, in der Versuchsreihe 2 alle 10 Min durchgeführt. Eine Messung dauerte eine Minute lang.

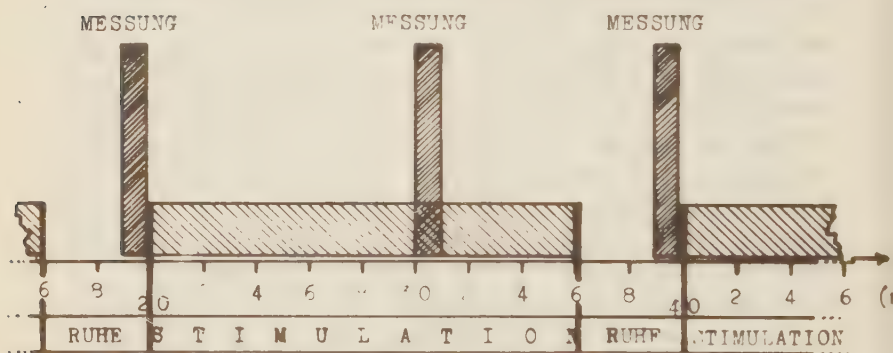
Im ersten Versuch wurden optische und akustische Reize durch Anlegen einer Augenbinde und Abdichtung der Ohren durch Oropax<sup>R</sup> ausgeschaltet. Diese Versuchsreihe war erforderlich, um Basiswerte zu erhalten, auf die die Werte unter Stimulation bezogen werden konnten.

Am 2.Versuchstag wurde am Tage ( 10,00 - 21,67 Uhr ) unter Ausschaltung akustischer Reize ( Oropax<sup>R</sup> ) optisch stimuliert. Die VPN lagen wieder im Bett und lasen

von A.Tolstoi: "Der Leidensweg". Sie waren instruiert, ohne Pause zügig zu lesen. Das Lesetempo wurde aber, um common-life-situation ( siehe oben ) zu gewährleisten, nicht vorgeschrieben.

Das Buch war mit einer Lesevorrichtung so angebracht, daß die VPN im Liegen bequem lesen und umblättern konnten. Zum Umblättern wurde stets der linke Arm benutzt, weil am rechten Arm die Elektroden für EKG und Muskeltonus angeschlossen waren. Die VPN hatten die Anweisung, während der Ruhepause und während einer Messung nicht umzublättern. Lichtquelle war eine 40 Watt-Leselampe.

Der Meßvorgang wird im folgenden Schema veranschaulicht:



In der 10. Minute einer Meßperiode wurde gemessen während die optische Stimulation andauerte. Nach 16 Min schaltete sich das Licht aus, so daß die VPN im verdunkelten Raum nicht mehr lesen konnten. Nach 3 Min Ruhepause wurde in der 20. Minute eine weitere Messung durchgeführt, um zu Beginn der 21. Minute mit Einschaltung des Lichtes die Stimulation fortzusetzen.

In der Nacht des 2. Versuchstages wurden optische und akustische Reize in üblicher Weise ausgeschaltet. Es herrsch-

ten also die gleichen Versuchsbedingungen wie in der Nacht der ersten Versuchsreihe.

Im 3. Versuch wurde unter Ausschaltung optischer Reize akustisch stimuliert, tagsüber mit Wort-, nachts mit Musiksendungen. Das Programm war auf Tonbändern gespeichert und wurde durch ein Gerät der Fa. Revox über elektrostatische Lautsprecher der Fa. Braun wiedergegeben. Allen VPN wurde zeitlich synchron das gleiche Programm in der gleichen Lautstärke dargeboten.

Die Wortsendungen enthielten normales Rundfunkprogramm mit Hörspielen, Reiseberichten, Buchbesprechungen, politischen Diskussionen etc. Das Musikprogramm umfaßte Werke von der Vorklassik bis zur Gegenwart.

Jeweils nach 16 Min Programm schaltete sich das Tonbandgerät ab. Nach 3-minütiger Ruhepause wurde in der 20. Minute die Messung durchgeführt, um in der 21. Minute mit der akustischen Stimulation durch Einschalten des Tonbandgerätes wieder fortzufahren.

Die Konzentration der VPN während der Dauerreizung wurde durch Auswertung von Fragebögen ermittelt, die mehrmals am Tage vorgelegt wurden. Dadurch konnten einzelne Meßdaten eliminiert werden, die den angestrebten Versuchsbedingungen nicht entsprachen ( siehe Kap.3.1 ).

Die VPN waren in mehrstündigen Vorversuchen an die Versuchsbedingungen gewöhnt worden. Wie schon erwähnt, lagen sie auf dem Bett in einem Zimmer des Studentenwohnheimes, um körperliche Belastungen als zusätzlichen Reiz auszuschalten. Aus diesem Grunde konnten die VPN die Meßpausen für Essen, Defäkation und Miktion zeitlich ihren Lebensgewohnheiten entsprechend wählen.

### 3 ERGEBNISSE

#### 3.1 DATENVERARBEITUNG UND STATISTISCHE METHODEN

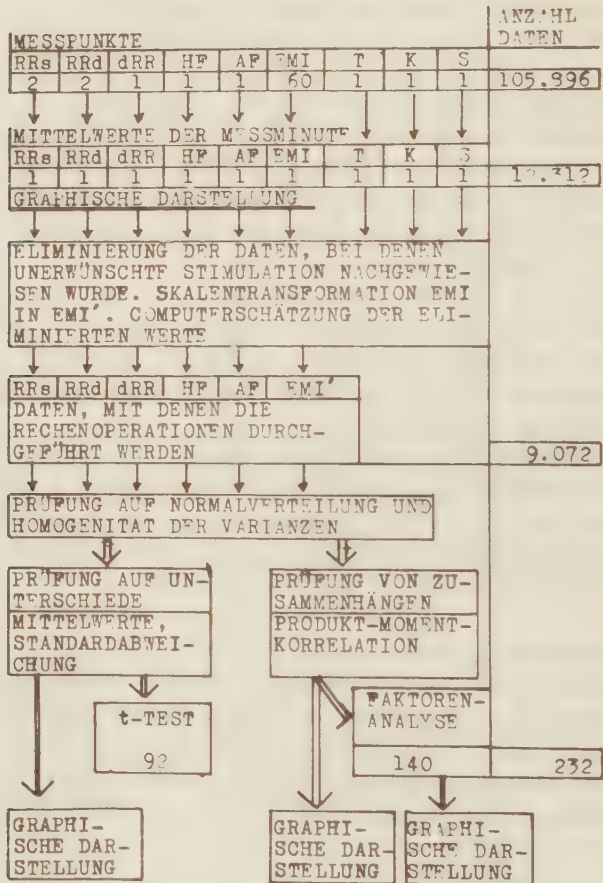


Abbildung 8 SCHEMA DER DATENVERARBEITUNG

Um den Effekt der sensorischen Stimulation nicht durch andere unvermeidbare Einflüsse zu verfälschen, wurden vor der Datenverarbeitung folgende Werte eliminiert:

- a) Der erste nach Beginn einer Versuchsreihe,
- b) zwei Reihen nach der Einnahme einer Mahlzeit aufgrund einer Untersuchung von GLATZEL ( 51 ),
- c) die Werte, vor denen der Dauerreiz durch Ausfüllen eines Fragebogens unterbrochen wurde,
- d) die der Zeiträume, für die im Fragebogen gestellte Inhaltsfragen nicht beantwortet werden konnten und
- e) die Werte, bei denen Bewegungsartefakte festgestellt wurden.

Um den Effekt der Gewöhnung zu prüfen, wurden die scores der 1. und 2.Taghälfte, 10,00 - 15,67 Uhr und 16,00 - 21,67 Uhr verglichen. Für alle anderen Untersuchungen wurden jeweils 12-Stunden-Perioden von 10,00 - 21,67 Uhr ( Tag ) und 22,00 - 9,67 Uhr ( Nacht ), in denen gleiche Stimulation herrschte, in die Rechnung eingeführt.

Da die hier benutzten statistischen Verfahren Normal - verteilung voraussetzen, wurde sie mit einem Ausreißer - test geprüft und ergab keine Abweichung von der Normalverteilung für RRs, RRd, AF und HF. Die EMI-Werte waren nicht normalverteilt. Nach einer logarithmischen Skalentransformation,  $EMI' = \log ( EMI + 2 )$ , wichen auch sie nicht mehr signifikant von der Normalverteilung ab. Es konnte deswegen auf verteilungsfreie Verfahren, wie SIEGEL ( 95 ) und LIENERT ( 75 ) sie anwenden und die mit Informationsverlust arbeiten müssen, verzichtet werden.

Die Prüfung mit dem BARTLETT-Test ergab keine signifikante Varianzheterogenität für alle fünf Parameter. Vergleiche zweier Mittelwerte  $M_1$  und  $M_2$ , die aus  $N_1$  bzw.  $N_2$  Einzelwerten hervorgingen, wurden deswegen mit dem t-Test für homogene Varianzen vorgenommen, wobei

$$M_{\text{diff}} = M_1 - M_2 \quad \text{und}$$

$$S_{\text{diff}} = \sqrt{S_{\text{pop}}^2 \left[ \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right]}$$

ist.

( Erklärung der Symbole siehe Abkürzungsverzeichnis Kap.6.1 )

$S_{\text{pop}}^2$  muß geschätzt werden. Als beste Schätzung für die Population kommt die mittlere Quadratsumme ( MQS ) der sogenannten zweifachen Wechselwirkung des Dreifaktor - Kreuzklassifikationsmodells ( VPN (A) als zufälliger Faktor, die Zeit (B) und Versuchsbedingungen (C) als feste Faktoren ) infrage:  $MQS_{ABC}$  .

Die hier verwandte Formel lautet:

$$t = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{MQS_{ABC} \left[ \frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right]}}$$

Die Prüfstatistik t ist verteilt nach Student. Der zugehörige t-Wert wird unter den Freiheitsgraden  $df=(a-1)(b-1)(c-1)$ , wobei a, b und c die Stufenzahlen der Faktoren, A, B und C bedeuten, gefunden.

Um den Gewöhnungseffekt zu ermitteln, werden die Differenzen 2. - 1.Taghälfte ( TAH2 - TAH1 ) geprüft und zwar Ruhe

gegen Reaktion und Nachreaktion:

25

$$t = \frac{\left[ M_{\text{Ruhe 2.H.}} - M_{\text{Reiz 2.H.}} \right] - \left[ M_{\text{Ruhe 1.H.}} - M_{\text{Reiz 1.H.}} \right]}{\sqrt{MQS_{ABC} \cdot \frac{4}{N}}}$$

Freiheitsgrade:  $df' = 4 N - 4$

Die Schätzung von Varianz bzw. Standardabweichung der Population ergibt für die einzelnen scores:

|      | $S^2_{\text{pop}}$ | $S_{\text{pop}}$ |
|------|--------------------|------------------|
| RRs  | 14.06              | 3.75             |
| RRd  | 9.23               | 3.04             |
| dRR  | 10.82              | 3.29             |
| HF   | 12.47              | 3.52             |
| AF   | .963               | .981             |
| EMI' | .047               | .261             |

Unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade und Signifikanzschranken 5 % zweiseitige Irrtumswahrscheinlichkeit (  $+ p < .05$  ), 1 % (  $++ p < .01$  ) und 0.1 % (  $+++ p < .001$  ), müssen bei Vergleich zweier Mittelwerte die Mittelwertunterschiede mindestens folgende Größe erreichen, um signifikant zu sein ( GEIGY-Tabellen, 49 ):

|      | 5%   | 1%   | .1%  |
|------|------|------|------|
| RRs  | 4.60 | 6.85 | 9.90 |
| RRd  | 3.92 | 5.56 | 8.06 |
| dRR  | 4.24 | 6.04 | 8.73 |
| HF   | 4.55 | 6.46 | 9.83 |
| AF   | 1.27 | 1.80 | 2.61 |
| EMI' | .228 | .396 | .573 |

Ein auf diese Weise ermitteltes signifikantes Ergebnis besagt, daß der Unterschied zwischen zwei Mittelwerten so stark ist, daß er nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 %, 1 % bzw. 0.1 % durch Zufall bedingt sein kann ( MITTENECKER, 81/ FRÖHLICH, 46 ).

Wie groß der Einfluß der für das vorliegende Experiment zufälligen Faktoren ( VPN, physikalische und psychische Reize ) ist, kann nicht gesagt werden. Ein eben signifikantes Ergebnis besagt keineswegs, daß der Unterschied "sehr groß" ist und daß er durch den zu prüfenden Effekt alleine ausgelöst wird. Man hat sich lediglich geeinigt, nur solche Unterschiede zu diskutieren, für die die Irrtumswahrscheinlichkeit höchstens 5 % beträgt.

Es muß auch stets die Frage nach den Meßfehlern und den Versuchsbedingungen gestellt werden, um beurteilen zu können, ob das signifikante Ergebnis auch wirklich relevant im Sinne des zu untersuchenden Effektes ist.

Um die Zusammenhänge zwischen den Parametern zu prüfen, wurde mit der Produkt-Moment-Korrelation gerechnet, die das präziseste Korrelationsverfahren für normalverteilte Daten ist ( FRÖHLICH, 46 ).

Die Formel für den Korrelationskoeffizienten  $r_{xy}$  aus  $n$  Werten lautet:  $r_{xy} = \frac{[xy]_i}{\sqrt{[xx]_i [yy]_i}}$

mit  $[xy] = \sum_{i=1}^n (X_i - M_x)(Y_i - M_y)$ ,

$[xx] = \sum_{i=1}^n (X_i - M_x)^2$  und  $[yy] = \sum_{i=1}^n (Y_i - M_y)^2$ .

Um trotz verschiedener Ruheagangsdaten die Werte aller sechs VPN korrelieren zu können, wurden die gemittelten Regressionskoeffizienten  $R_{xy}$  berechnet.

$$R_{xy} = \frac{\sum_{j=1}^n [xy]_j}{\sqrt{[xx]_j [yy]_j}}$$

$[xy]_j$ ,  $[xx]_j$  und  $[yy]_j$  sind dabei die für die  $j$ -te VP gebildeten Ausdrücke der Formel für  $r_{xy}$ .

Die Freiheitsgrade von  $R_{xy}$  betragen:  $df = 200$  bis  $209$ , je nach Anzahl der Wertepaare. Sie sind unterschiedlich wegen der Elimination von einzelnen Werten.

Unter Berücksichtigung der Freiheitsgrade von  $200$  muß der Korrelationskoeffizient mindestens folgende Größe erreichen, um signifikant zu sein:

|                |       |      |                     |
|----------------|-------|------|---------------------|
| für $p < .05$  | _____ | .138 |                     |
| für $p < .01$  | _____ | .181 | und                 |
| für $p < .001$ | _____ | .230 | (Geigy-Tabelle, 49) |

Die Prüfung gegen Null besagt, daß im Falle einer Signifikanz nach internationaler Übereinkunft die beiden Parameter nicht völlig unabhängig voneinander sind und daß die Abhängigkeit nur mit einer Wahrscheinlichkeit von 5 %, 1 % und 0.1 % durch den Zufall bedingt sein kann.

Dies ist per definitionem der Signifikanzgrenze bei einer hohen Anzahl von Freiheitsgraden schon bei einem niedrigen Korrelationskoeffizienten der Fall. Es ist deswegen zweckmäßig, neben der Signifikanz gegen Null auch das Bestimmtheitsmaß ( $E$ ) zu betrachten:  $E = 100 \cdot r^2$  %.

Bei  $r_1 = .138$  ist  $E_1 = 1.9 \%$ , erst bei  $r_2 = .71$  ist  $E_2 = 50 \%$ .  
D.h. erst bei einem Korrelationskoeffizienten von  $.71$  kann zu  
50 % von der einen auf die andere Größe vorausgesagt werden.

Die multiple Faktorenanalyse ( THURSTONE, 107 ), die helfen  
soll, die Korrelationsmatrix zu interpretieren, wurde nach  
einem Programm BMD03M ( DIXON, 25/ KAISER, 67 ) vorgenommen,  
mit dem auch FAHRENBERG ( 43 ) gearbeitet hat. Eine sinnvol-  
le Interpretationsmöglichkeit setzt voraus, daß die Variab-  
len der Matrix experimentell voneinander unabhängig sind.  
Aus diesem Grunde wurde die Druckdifferenz  $dRR = RR_s - RR_d$   
nicht mitanalysiert.

Das Programm arbeitet nach der Hauptachsenmethode ( princi-  
pal component solution ). Die Faktorenmatrix wird orthogonal  
rotiert ( orthogonal rotation ). Die Kommunalitäten werden  
aus den multiplen Korrelationskoeffizienten eines Parameters  
mit allen anderen ( squared multiple correlation coefficient )  
geschätzt. Ein Vergleich der geschätzten mit den erhaltenen  
Kommunalitäten ( check on communalities ) zeigt im vorliegen-  
den Experiment Übereinstimmung bis zur fünften Dezimalstelle.

Abbildung 9 zeigt das Prinzip der Zerlegung einer Korrela-  
tionsmatrix in Faktoren.

In der Praxis wird der sehr komplizierte umgekehrte Weg be-  
schritten, der hier aber zum Verständnis nicht erläutert  
werden muß.

Bei der orthogonalen Rotation wird eine Richtungsmatrix mit  
der Matrix zweier Faktoren multipliziert, wie Abbildung 10  
zeigt. Der Vorgang der Rotation kann mit je zwei Faktoren  
beliebig oft wiederholt werden.

Abbildungen 9 und 10.

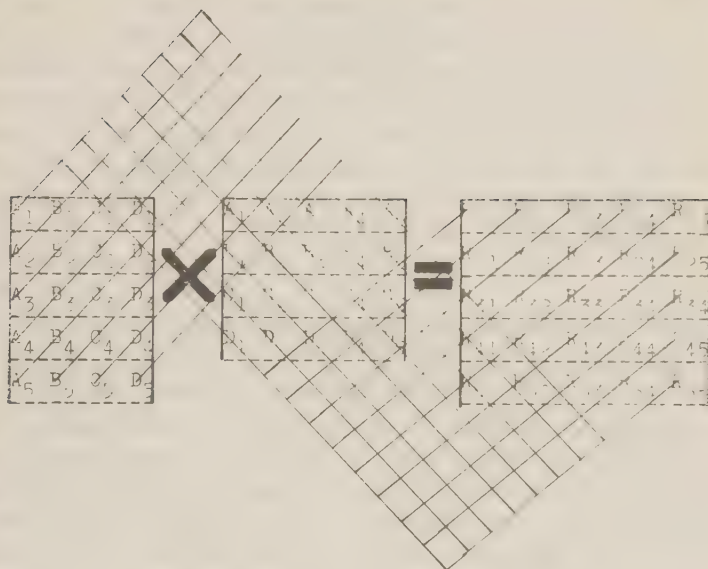
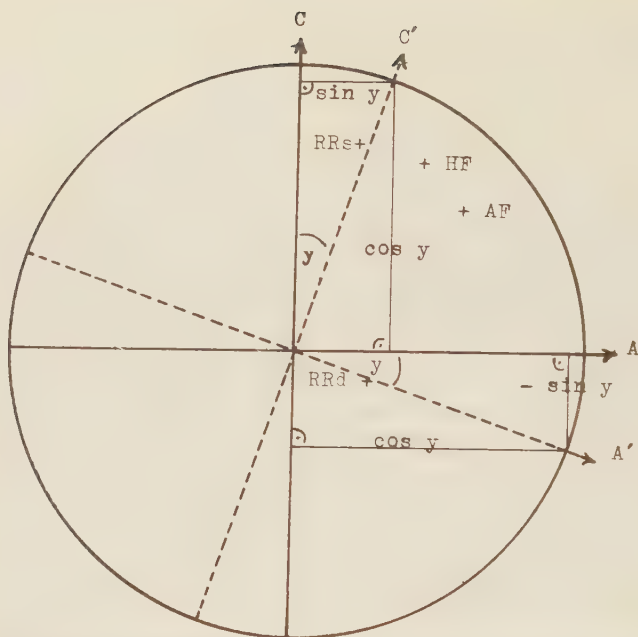


Abbildung 9 DARSTELLUNG DES PRINZIPS DER ZERLEGUNG  
EINER KORRELATIONSMATRIX IN FAKTOREN

FAKTOREN MATRIX  $\times$  TRANSPONIERTE FAKTOREN MATRIX = KORRELATIONSMATRIX

- 1 = RRs
- 2 = R Rd
- 3 = AF
- 4 = HF
- 5 = EMI'

A, B, C, D = EXTRAHIERTE FAKTOREN



TRANSFORMATIONSMATRIX

|    |       |        |
|----|-------|--------|
| C' | sin y | cos y  |
| A' | cos y | -sin y |
|    | A     | C      |

|                |                |
|----------------|----------------|
| A <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> |
| A <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> |
| A <sub>3</sub> | C <sub>3</sub> |
| A <sub>4</sub> | C <sub>4</sub> |
| A <sub>5</sub> | C <sub>5</sub> |

|       |        |
|-------|--------|
| sin y | cos y  |
| cos y | -sin y |

|                |                |
|----------------|----------------|
| A <sub>1</sub> | C <sub>1</sub> |
| A <sub>2</sub> | C <sub>2</sub> |
| A <sub>3</sub> | C <sub>3</sub> |
| A <sub>4</sub> | C <sub>4</sub> |
| A <sub>5</sub> | C <sub>5</sub> |

Abbildung 10 DARSTELLUNG DES PRINZIPS DER ORTHOGONALEN  
ROTATION VON FAKTOREN

FAKTOREN  
MATRIX

x

TRANSFORMATIONSM.-

ROTIERTE FAK-  
TORENMATRIX

Der Informationsgehalt kann je nach Rotation sinnvoll oder unsinnig erscheinen. Das Ergebnis kann aber nie falsch sein, da der Informationsgehalt weder qualitativ noch quantitativ verändert wird. Es ist so, als ob man einen unbekannten Gegenstand immer wieder unter anderen Aspekten und mit anderen Denkprinzipien betrachtet, bis man ihn zu deuten versteht. Der Informationsgehalt des Gegenstandes bleibt der gleiche, aber man kann eine neue Erkenntnis gewinnen, nachdem man die Information sinnvoll gedeutet hat. Die Faktorenanalyse vermag insofern bei sinnvoller Rotation tatsächlich neue Erkenntnisse zu vermitteln.

Die hier vorliegende Faktorenmatrix wurde nach den Kriterien der Einfachstruktur ( simple structure ) rotiert (THURSTONE ). Die zugrunde liegende Hypothese lautet: Es gibt ein Minimum von unabhängigen Variablen, die bei der Herstellung von empirischen Beobachtungen mannigfaltig mitwirken. Daraus ergeben sich die entsprechenden Anweisungen für die Rotation. Nicht rotiert wurde nach den Kriterien der positiven Mannigfaltigkeit ( positive manifold ). Die Richtung der Ladung kann nicht interpretiert werden. Die Deutung der Faktoren kann nur so erfolgen, daß man ohne Rücksicht auf die Richtung sagt, daß der betreffende Faktor in einem bestimmten Varianzanteil die Größe enthält.

Die sorgfältige Auswahl der VPN, die wegen der geringen Anzahl von sechs erforderlich war, brachte erwartungsgemäß ein homogenes Kollektiv hinsichtlich der Varianzen, so daß die interindividuellen Unterschiede ( CYTAWA, 23/ STEIN - SCHNEIDER, 101 ) als zufällige Faktoren angesehen und ihre Mittelwerte zusammengefaßt werden dürfen. Aus grundsätzlichen Erwägungen heraus soll aber wegen der Anzahl von sechs VPN auf allgemeingültige Aussagen über das Kollektiv hinaus verzichtet werden.

Der Effekt der Gewöhnung und des Tag-Nacht-Rhythmus werden gesondert untersucht. Falls es einen Gewöhnungs- oder Rhyth-museffekt gibt, muß er bei der Beurteilung der Nachreaktion im Verlaufe des Versuches berücksichtigt werden.

### 3.2 AUTONOME NACHREAKTION

Tabelle 11 bringt eine Zusammenstellung der Mittelwerte und die Streuung der Population, die im Folgenden grafisch dargestellt und erläutert werden.

#### MITTELWERTE

| M<br>VON                | ZEIT   | STIMU-<br>LATION | AUTONOME FUNKTION |       |      |      |      |       |
|-------------------------|--------|------------------|-------------------|-------|------|------|------|-------|
|                         |        |                  | HF                | RRs   | RRd  | RRR  | AF   | EMI*  |
| AA<br>BB                | TAG    | OPTISCHE         | 71.2              | 129.0 | 84.7 | 45.0 | 17.1 | 1.417 |
|                         | TAG    | NACH OPT         | 67.2              | 127.2 | 86.3 | 44.2 | 17.2 | .549  |
|                         | TAG    | KEINE            | 65.2              | 117.3 | 74.5 | 43.2 | 15.3 | .701  |
|                         | NACHT  | KE NKST          | 64.5              | 117.2 | 75.4 | 41.6 | 15.5 | .616  |
|                         | NACHT  | KE NOST          | 62.1              | 118.3 | 79.3 | 38.4 | 15.3 | .673  |
|                         | TAG    | NACH AK1         | 66.3              | 127.3 | 81.3 | 46.1 | 17.2 | .819  |
|                         | NACHT  | NACH AK2         | 60.6              | 120.7 | 79.8 | 41.1 | 15.5 | .542  |
| AA<br>BD                | TAG U. | KEINE            | 63.5              | 124.0 | 80.6 | 43.6 | 16.3 | .701  |
|                         | NACHT  | AK 1,2           | 65.1              | 117.5 | 75.0 | 42.4 | 15.5 | .660  |
| AA BB<br>EF             | TAG    | KEINE,           | 65.9              | 122.6 | 77.9 | 44.6 | 16.5 | .681  |
|                         | NACHT  | AK 1,2           | 62.6              | 118.9 | 77.8 | 41.3 | 15.4 | .568  |
| AA<br>BC                | TAH1   | KEINE            | 63.5              | 115   | 73.9 | 44.3 | 15.5 | .688  |
|                         | TAH2   |                  | 67.2              | 119   | 75.0 | 48.2 | 15.9 | .728  |
|                         | TAH1   | OPTISCHE         | 69.5              | 136   | 84.0 | 43.8 | 17.0 | 1.521 |
|                         | TAH2   |                  | 73.0              | 132   | 87.5 | 46.2 | 17.2 | 1.362 |
|                         | TAH1   | NACH OPT         | 66.5              | 125   | 86.6 | 42.8 | 16.8 | .877  |
|                         | TAH2   |                  | 69.0              | 129   | 87.1 | 45.6 | 17.3 | .821  |
| AA BD<br>EFG            | TAG U. | ALLE             | 64.6              | 121.8 | 79.2 | 42.5 | 16.0 | .742  |
|                         | NACHT  | STIMULI          |                   |       |      |      |      |       |
| STREUUNG DER POPULATION |        |                  |                   |       |      |      |      |       |
| AA BD<br>EFG            | TAG u. | ALLE             | 3.52              | 3.75  | 3.04 | 3.29 | .981 | .216  |
|                         | NACHT  | STIMULI          |                   |       |      |      |      |       |

Tabelle 11 MITTELWERTE UND STREUUNG DER POPULATION

- |                      |                     |
|----------------------|---------------------|
| AA = 6 VPN           | OPT = Optische      |
| BB = 12-Std-Periode  | AK1 = Akust.1       |
| BC = 6-Std-Periode   | AK2 = Akust.2       |
| BD = 24-Std-Periode  | KE = Keine          |
| EFG = Stimulation    | TAH1 = Tag 1.Hälfte |
| E = Keine Stimul.    | TAH2 = Tag 2.Hälfte |
| F = Akust.Stimul.1,2 |                     |
| G = Opt.Stimul.Tag   |                     |
| keine Stimul.Nacht   |                     |

### 3.2.1 Effekt der sensorischen Stimulation

Während der optischen Stimulation sind alle untersuchten autonomen Reaktionen ( RRs, RRd, AF, HF und EMI' ) gegenüber den Ruhewerten signifikant erhöht.

Drei Minuten nach Absetzen der Stimulation sind drei Funktionen ( RRs, RRd und AF ) noch signifikant gegenüber den Ruhewerten erhöht, während zwei Funktionen ( HF und EMI' ) nicht mehr signifikant erhöht sind.

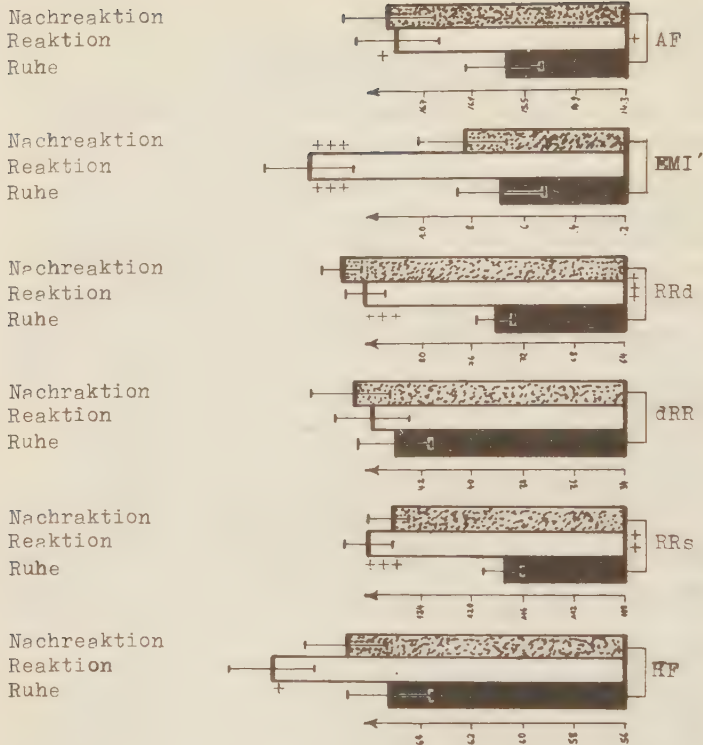
Abbildung 12.

Die Nachreaktion auf optische und akustische Reize ist gleichartig. Auch drei Minuten nach akustischer Stimulation sind RRs, RRd und AF gegenüber Ruhe signifikant erhöht, HF und EMI' aber nicht.

Abbildung 13.

Wenn die VPN tagsüber keiner Stimulation ausgesetzt sind, verhalten sich die Nachtwerte von vier Funktionen ( RRs, AF, HF und EMI' ) nicht anders als nach einem Tag, an dem optische Stimulation angeboten wurde. Nur RRd verhält sich unterschiedlich.

Abbildung 14.



**Abbildung 12** DARSTELLUNG DES EFFEKTES DER SENSORISCHEN STIMULATION

NACHREAKTION AUF OPTISCHE STIMULATION IM VERGLEICH ZU RUHEWERTEN UND REAKTION AUF OPTISCHE STIMULATION

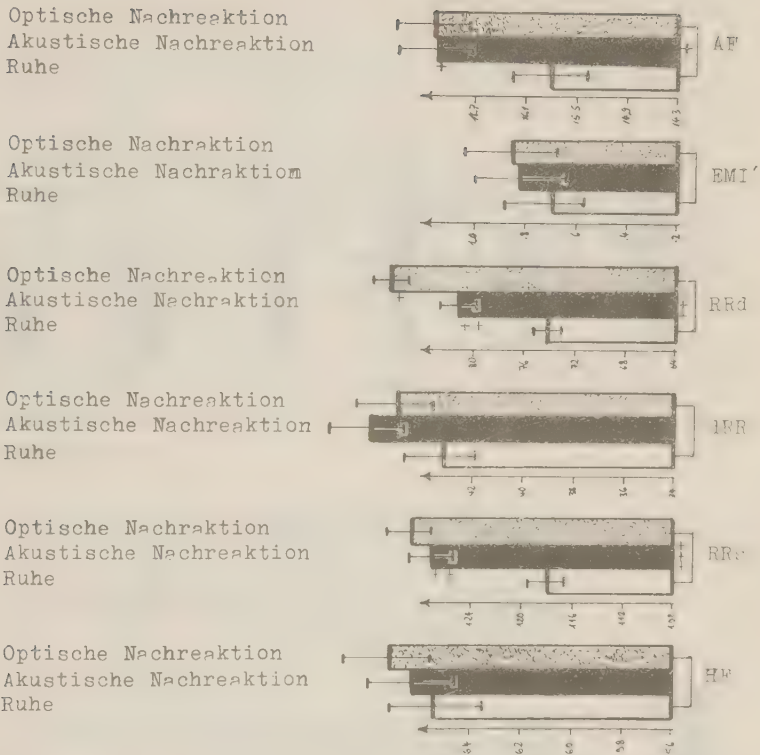
Obere Säule: 3 min nach optischer Stimulation - Nachreaktion

Mittlere Säule: während optischer Stimulation - Reaktion

Untere Säule: keine Stimulation - Ruhe

Mittelwertvergleiche, VN 1-6, Tag

Ergebnis der t-Tests: +  $p < .05$   
 ++  $p < .01$   
 +++  $p < .001$



**Abbildung 13** DARSTELLUNG DES EFFEKTES DER SENSORISCHEN STIMULATION  
AKUSTISCHE UND OPTISCHE NACHREAKTION IM VERGLEICH ZU DEN RUHEWERTEN

Obere Säule: 3 min nach optischer Stimulation - opt.Nachr.

Mittlere Säule: 3 min nach akustischer Stimulation - akust. Nachr.

Untere Säule: keine Stimulation - Ruhe

Mittelwertvergleiche, VPN 1-6, Tag

Ergebnis der t-Tests: +  $p < .05$   
++  $p < .01$   
+++  $p < .001$

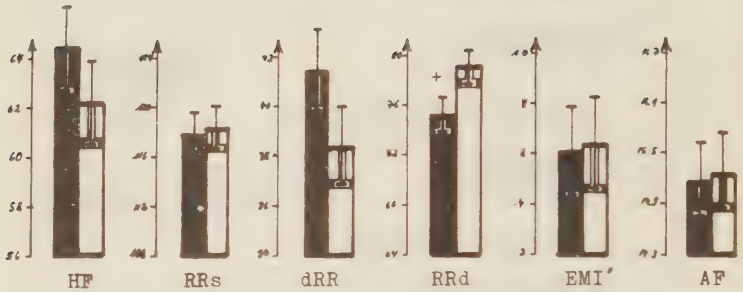


Abbildung 14 DARSTELLUNG DES EFFEKTES DER SENSORISCHEN STIMULATION

Vergleich der Nachtwerte nach dem Tag ohne Stimulation mit den Nachtwerten nach dem Tag mit optischer Stimulation



Nacht, NOST = nach optischer Stimulation am Tage, Versuchsreihe 2, keine Stimulation

Nacht, keine Stimulation, NKST = nach keiner Stimulation am Tage, Versuchsreihe 1

+  $p < .05$   
 ++  $p < .01$   
 +++  $p < .001$

Die Nachreaktionszeit = Rückbildungszeit = Zeitdauer bis zum Erreichen der Ruhewerte nach Absetzen der Stimulation wurde nach zwölfstündiger optischer Reizung bestimmt, indem die Zeitdauer gemessen wurde, bis der durchschnittliche Nachtwert der Nacht nach keiner Stimulation am Tage ( Versuchsreihe 1 ) erreicht war.

Diese Verfahrensweise ist zulässig, da die Nachtwerte der Versuchsreihe 1 von denen der Versuchsreihe 2 nicht unterschiedlich sind ( bis auf RRd ). Mit den durchschnittlichen Nachtwerten der Versuchsreihe 2 konnte nicht verglichen werden, da die zu testende Nachreaktion in dieser Nacht bestimmt wurde.

Die durchschnittliche Rückbildungszeit läßt kurze Nachreaktion bei EMI' und HF von längerer bei AF, RRs und RRd unterscheiden:

|      | Nachreaktionszeit in min |
|------|--------------------------|
| RRd  | 180                      |
| RRs  | 80                       |
| AF   | 80                       |
| HF   | < 10                     |
| EMI' | < 10                     |

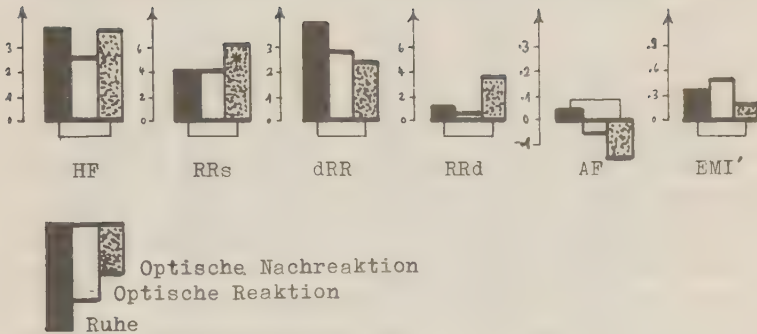
Genauere Angaben sind nicht möglich, da nur alle zehn Minuten eine Messung durchgeführt wurde.

### 3.2.2 Effekt der Gewöhnung

Unter Ausschaltung aller sensorischen Stimulation unterscheidet sich die AR der ersten Taghälfte bei keinem Parameter signifikant von der AR der zweiten Taghälfte.

Die Differenzen beider Taghälften der Ruhe-, Reaktions- und Nachreaktionswerte unterscheiden sich ebenfalls bei keinem der fünf Parameter signifikant.

### Abbildung 15



# Abbildung 15 DARSTELLUNG DES GEWÖHNUNGSEFFEKTES

Vergleich von Ruhewerten, Optischer Reaktion und Optischer Nachreaktion

Differenzen der 2.Taghälfte (TAH2) - 1.Taghälfte (TAH1) unter Ruhebedingungen (Keine Stimulation, Versuchsreihe 1), während optischer Stimulation (Versuchsreihe 2) und 3 Minuten nach optischer Stimulation (Versuchsreihe 2).

Die Prüfung mit dem t-Test ergibt bei keiner autonomen Größe eine signifikante Änderung der Differenz Optische Reaktion - Ruhe, bzw. Optische Nachreaktion - Ruhe

### 3.2.3 Effekt des Tag-Nacht-Rhythmus

Schon die Rohdaten der sechs VPN ( Abb.25-31, Kap.6.4 ) zeigen, daß es im Ruheversuch keine Tag-Nacht-Schwankungen gibt, während unter verschiedener Stimulation Differenzen auftreten.

Weder bei Ruhe noch während oder nach optischer Stimulation ergibt die Testung der ersten gegen die zweite Taghälfte bei irgendeinem der fünf Parameter ein signifikantes Ergebnis ( mit Ausnahme RRs bei optischer Stimulation ), wie aus Abb.15 ersichtlich ist.

Wird am Tage optisch gereizt, in der darauffolgenden Nacht jedoch nicht stimuliert, unterscheiden sich alle Parameter der AR am Tage signifikant von den Nachtwerten.

Die Nachreaktionswerte am Tage sind bis auf EMI' ebenfalls signifikant höher als in der Nacht.

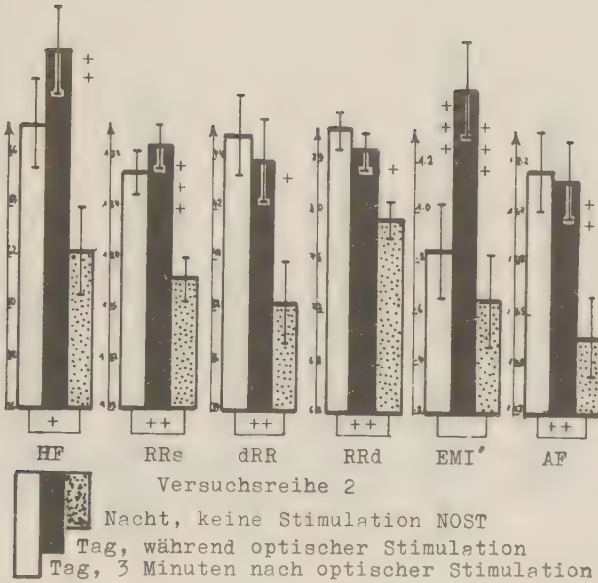
Abbildung 16.

Auch unter verschiedener akustischer Stimulation, Wortsendungen am Tag, Musik in der Nacht, sind die Tag- und Nachtwerte signifikant unterschiedlich.

Abbildung 17.

Wenn aber am Tage und in der Nacht jede sensorische Stimulation ausgeschaltet ist, unterscheiden sich die Tag- von den Nachtwerten bei keiner der fünf autonomen Größen signifikant.

Abbildung 18.

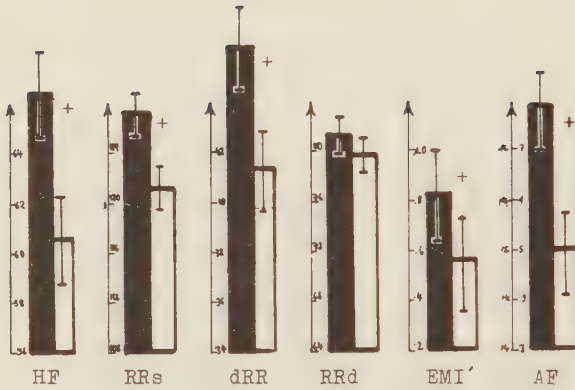


**Abbildung 16** DARSTELLUNG DES EFFEKTES DES TAG-NACHT-RHYTHMUS  
VERGLEICH DER TAG- MIT DEN NACHTWERTEN

+  $p < 0.05$

++  $p < .01$

+++  $p < .001$



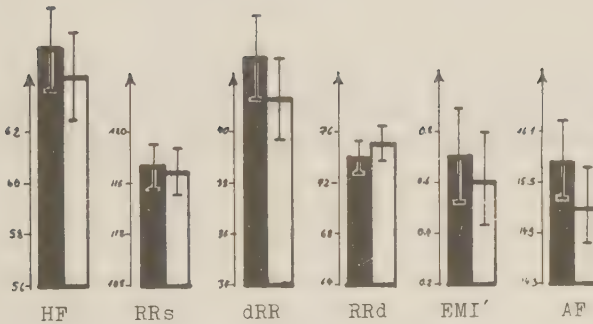
### Versuchsreihe 3

Nacht, 3 Minuten nach akustischer Stimulation 2

Tag, 3 Minuten nach akustischer Stimulation 1

+  $P < .05$     ++  $p < .01$     +++  $p < .001$

Abbildung 17    DARSTELLUNG DES EFFEKTES DES TAG-NACHT-RHYTHMUS  
VERGLEICH DER TAG- MIT DEN NACHTWERTEN



Nacht, keine Stimulation NKST

Tag, keine Stimulation

**Abbildung 18** DARSTELLUNG DES EFFEKTES DES TAG-NACHT-RHYTHMUS  
VERGLEICH DER TAG- MIT DEN NACHTWERTEN  
DES RUHEVERSUCHES

+  $p < .05$   
++  $p < .01$   
+++  $p < .001$

Die Unterschiede erreichen bei keiner autonomen Reaktion die Signifikanzgrenze

### 3.3 KORRELATION ZWISCHEN AUTONOMEN REAKTIONEN

Eine Übersicht über die Korrelationen unter verschiedenen Stimulationsbedingungen zeigt Abbildung 19.

# KORRELATIONEN

## ZWISCHEN AUTONOMEN REAKTIONEN

| T A G             |      |      |      |       | N A C H T         |      |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|-------|-------------------|------|------|------|------|------|
| RRs               | RRd  | AF   | HF   | EMI   | RRs               | RRd  | AF   | HF   | EMI  |      |
| KEINE STIMULATION |      |      |      |       | KEINE STIMULATION |      |      |      |      |      |
| RRs               | .... | .439 | .201 | .247  | .275              | .... | .524 | .237 | .363 | .165 |
| RRd               | +++  | .... | .133 | -.007 | .330              | +++  | .... | .078 | .025 | .102 |
| AF                | ++   | .... | .275 | .167  | +++               | .... | .409 | .180 |      |      |
| HF                | +++  | +++  | .... | -.007 | +++               | +++  | .... | .208 |      |      |
| EMI               | +++  | +    |      | ....  | +                 | +    | ++   | .... |      |      |

### OPTISCHE STIMULATION

|     |      |      |       |      |      |
|-----|------|------|-------|------|------|
| RRs | .... | .552 | -.231 | .465 | .086 |
| RRd | +++  | ...  | .049  | .235 | .029 |
| AF  | +++  | .... | .062  | .084 |      |
| HF  | +++  | +++  | ....  | .116 |      |
| EMI |      |      |       | .... |      |

### 3 MIN NACH OPTISCHER STIMULATION

|     |      |      |       |       |      |
|-----|------|------|-------|-------|------|
| RRs | .... | .348 | .066  | .390  | .190 |
| RRd | +++  | .... | -.110 | -.004 | .118 |
| AF  |      | .... | .264  | .063  |      |
| HF  | +++  | +++  | ....  | .252  |      |
| EMI | +    |      | +++   | ....  |      |

### KEINE STIMULATION NOST

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| .... | .684 | .224 | .293 | .176 |
| +++  | .... | .055 | .284 | .327 |
| ++   | .... | .390 | .073 |      |
| +++  | +++  | +++  | .... | .375 |
| +    | +++  |      | +++  | .... |

### 3 MIN NACH AKUSTISCHER STIMULATION

|     |     |      |      |       |       |
|-----|-----|------|------|-------|-------|
| RRs | ... | .563 | .210 | .179  | .052  |
| RRd | +++ | .... | .158 | -.109 | -.098 |
| AF  | ++  | +    | .... | .035  | .098  |
| HF  | +   |      | .... | .464  |       |
| EMI |     |      | +++  | ....  |       |

### 3 MIN NACH AKUSTISCHER STIMULATION

|      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|
| .... | .573 | .326 | .516 | .226 |
| +++  | .... | .217 | .323 | .178 |
| +++  | ++   | .... | .495 | .172 |
| +++  | +++  | +++  | .... | .352 |
| ++   | +    | +    | +++  | .... |

FREIHEITSGRADE  $df = (6 \times 35) - 1 = 209$

SIGNIFIKANZ GEGEN NULL:  $p < .05$  + .138  
 $p < .01$  ++ .181  
 $p < .001$  +++ .230

### 3.3.1 Effekt der sensorischen Stimulation auf die Korrelation

Die Änderung der Korrelation der autonomen Größen während optischer Stimulation gegenüber Ruhe ist unterschiedlich. RRs-RRd, RRs-AF, RRs-HF, RRd-HF und HF-EMI korrelieren unter Stimulation höher, RRs-EMI', RRd-AF, RRd-EMI', AF-HF und AF-EMI' niedriger als bei Ruhe.

Ebenso ist die Änderung der Korrelation der Nachreaktion gegenüber Ruhe unterschiedlich.

Bei den Korrelationen RRs-AF, RRs-HF, RRs-EMI' und AF-HF liegen die Zusammenhänge der Nachreaktions- zwischen denen der Ruhe- und Reaktionswerte.

Abbildung 20.

### 3.3.2 Effekt des Tag-Nacht-Rhythmus auf die Korrelation

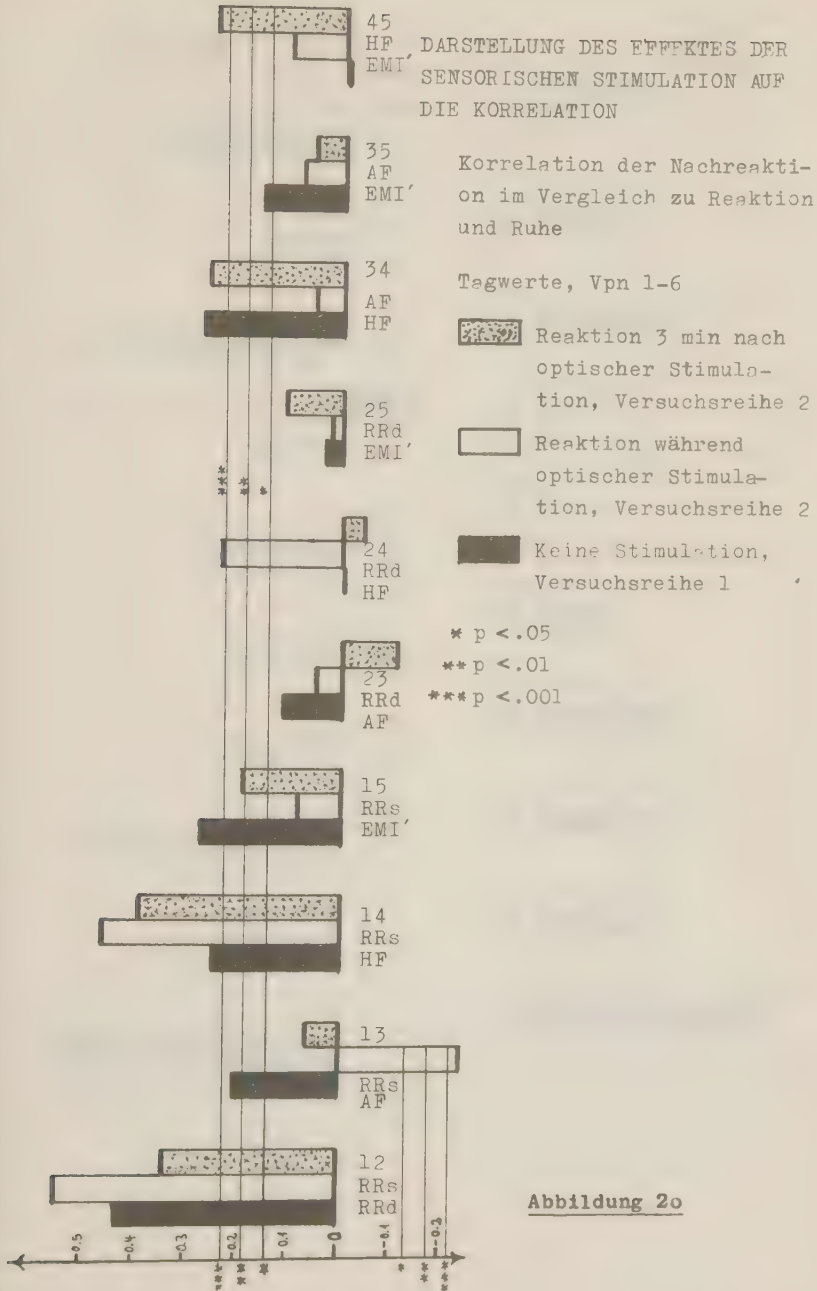
Ist sensorische Stimulation ausgeschaltet, sind in der Nacht acht von zehn Korrelationen höher als am Tage.

Abbildung 21.

Auch wenn akustisch stimuliert wird, tagsüber Wortsendungen, nachts Musikprogramme, sind acht von zehn Korrelationen in der Nacht höher als am Tage.

Abbildung 22.

RRs-RRd, RRs-AF, RRs-HF, RRd-HF, RRd-EMI, RRd-AF und AF-EMI' sind unter allen Versuchsbedingungen in der Nacht höher als am Tage, also unabhängig davon, ob am Tage und in der Nacht gleiche oder verschiedene Stimulation vorgelegen hat. ( Siehe Abbildung 10 ).



DARSTELLUNG DES EFFEKTES  
DES TAG-NACHT-RHYTHMUS AUF  
DIE KORRELATION

Vergleich der Tag- mit den  
Nachtwerten der Versuchs-  
reihe 1.

Vpn 1-6

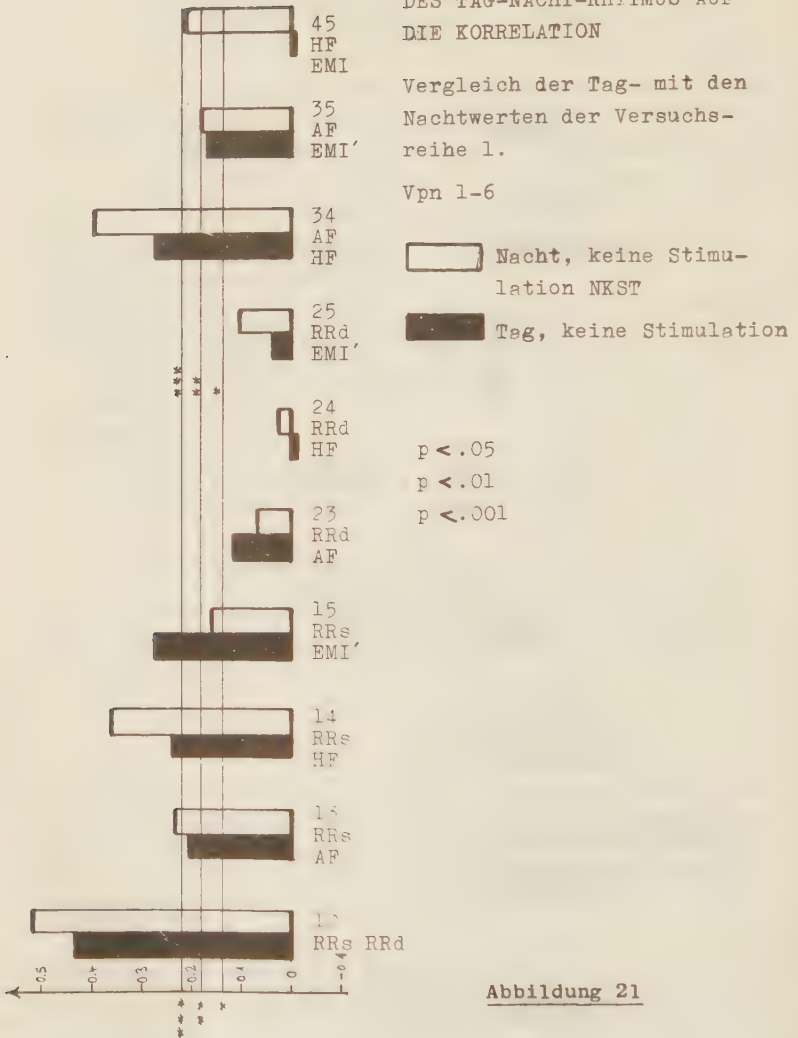
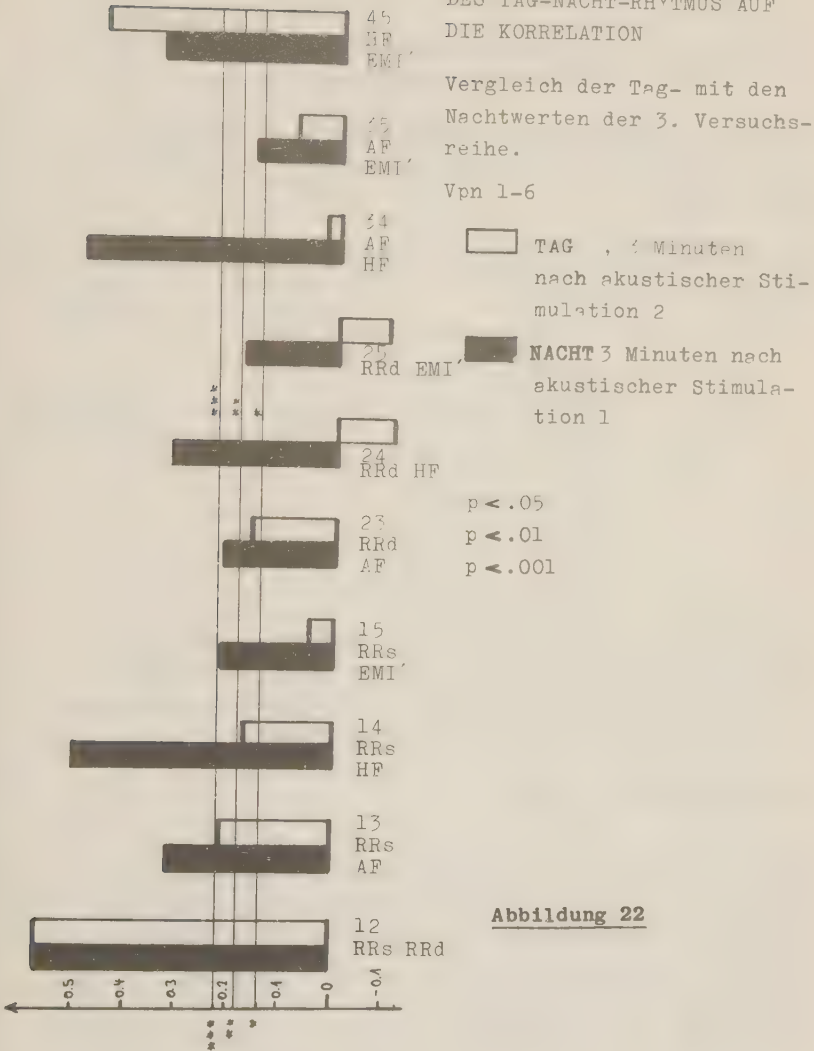


Abbildung 21

DARSTELLUNG DES EFFEKTES  
DES TAG-NACHT-RHYTHMUS AUF  
DIE KORRELATION

Vergleich der Tag- mit den  
Nachtwerten der 3. Versuchs-  
reihe.

Vpn 1-6



**Abbildung 22**

### 3.4 FAKTORENANALYSE DER KORRELATION AUTONOMER REAKTIONEN

Abbildungung 24 zeigt eine Übersicht der Faktorenanalysen unter verschiedenen Versuchsbedingungen.

Bei den fünf autonomen Reaktionen wurden in allen Fällen vier Faktoren ( A,B,C und D ) mit essentiellen Ladungen extrahiert.

Die fünf Parameter sind mit den Faktoren nach folgendem Schema beladen:

|      | A  | B  | C  | D  |
|------|----|----|----|----|
| RRs  | +  | +  |    |    |
| RRd  | ++ |    |    |    |
| AF   |    |    | ++ |    |
| HF   |    | ++ |    |    |
| EMI' |    |    |    | ++ |

++ = Hauptladung  
+ = Nebenladung

Faktor A stellt stets den Hauptvarianzanteil von RRd, Faktor B von HF, Faktor C von AF und Faktor D von EMI'. Das Schema wird konstant bei allen Versuchsbedingungen und sowohl tagsüber als auch nachts angetroffen.

Abbildungen 24.1 - 24.7

Für den RRs läßt sich in keinem Falle ein eigener Faktor extrahieren. Seine Varianzanteile werden von A und B gemeinsam geliefert und zwar wechselnd stark in Abhängigkeit von den Stimulationsbedingungen. Unter Ruhe, sowohl am Tage als auch in der Nacht, stellt Faktor A den wesentlichen Varianzanteil, nach optischer Stimulation dagegen B, während zur Zeit der akustischen Nachreaktion A und B sich die

Varianz teilen. Während optischer Stimulation am Tag hat neben Faktor A und B auch C einen Varianzanteil an RRs ( Abbildung 24.3 ).

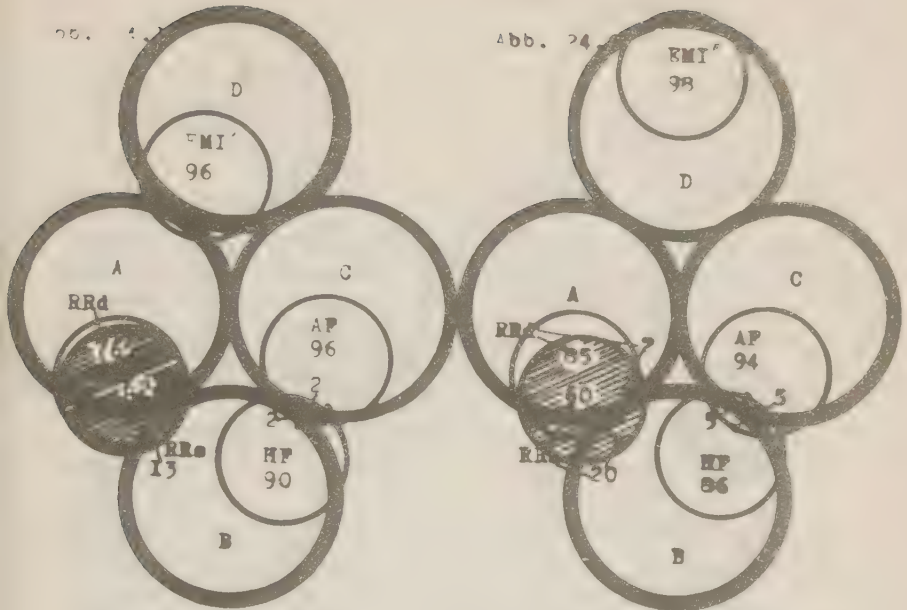
# FAKTORENANALYSE

## DER KORRELATION AUTONOMER REAKTIONEN

| FAKTOR                             | T A G        |              |              |              | N A C H T                          |              |              |              |
|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|------------------------------------|--------------|--------------|--------------|
|                                    | A            | B            | C            | D            | A                                  | B            | C            | D            |
| KEINE STIMULATION                  |              |              |              |              | KEINE STIMULATION NAST             |              |              |              |
| RRs                                | <u>.789</u>  | <u>.354</u>  | .049         | .125         | <u>.783</u>                        | <u>.453</u>  | .059         | .055         |
| RRd                                | <u>.868</u>  | <u>-.176</u> | .077         | .156         | <u>.925</u>                        | <u>-.137</u> | .055         | .054         |
| AF                                 | .084         | .147         | <u>.981</u>  | .077         | .073                               | .209         | <u>.970</u>  | .030         |
| HF                                 | .043         | <u>.951</u>  | .149         | .018         | .045                               | <u>.928</u>  | .225         | .015         |
| EMI                                | .195         | <u>-.011</u> | <u>-.087</u> | <u>.978</u>  | .069                               | .096         | .077         | <u>.939</u>  |
| OPTISCHE STIMULATION               |              |              |              |              |                                    |              |              |              |
| RRs                                | <u>.707</u>  | <u>.476</u>  | <u>-.322</u> | .071         |                                    |              |              |              |
| RRd                                | <u>.956</u>  | .004         | .105         | <u>-.005</u> |                                    |              |              |              |
| AF                                 | <u>-.008</u> | .035         | <u>.983</u>  | .046         |                                    |              |              |              |
| HF                                 | .140         | <u>.968</u>  | .062         | .052         |                                    |              |              |              |
| EMI                                | .040         | .055         | .042         | <u>.997</u>  |                                    |              |              |              |
| 3 MIN NACH OPTISCHER STIMULATION   |              |              |              |              | KEINE STIMULATION NOST             |              |              |              |
| RRs                                | <u>.481</u>  | <u>.754</u>  | <u>-.029</u> | .015         | <u>.912</u>                        | .107         | .179         | <u>-.002</u> |
| RRd                                | <u>.950</u>  | .029         | <u>-.049</u> | .073         | <u>.892</u>                        | .122         | <u>-.071</u> | .222         |
| AF                                 | <u>-.047</u> | .113         | <u>.939</u>  | .023         | .069                               | .187         | <u>.975</u>  | .020         |
| HF                                 | <u>-.161</u> | <u>.862</u>  | .186         | .182         | .166                               | <u>.948</u>  | .204         | .178         |
| EMI                                | .061         | .135         | .023         | <u>.984</u>  | .139                               | .164         | .022         | <u>.973</u>  |
| 3 MIN NACH AKUSTISCHER STIMULATION |              |              |              |              | 3 MIN NACH AKUSTISCHER STIMULATION |              |              |              |
| RRs                                | <u>.844</u>  | <u>.319</u>  | .137         | <u>-.064</u> | <u>.635</u>                        | <u>.651</u>  | .058         | .035         |
| RRd                                | <u>.897</u>  | <u>-.242</u> | .041         | .025         | <u>.949</u>                        | .103         | .112         | .094         |
| AF                                 | .112         | .005         | <u>.991</u>  | .052         | .114                               | .232         | <u>.958</u>  | .061         |
| HF                                 | .010         | <u>.924</u>  | .002         | .275         | .099                               | <u>.858</u>  | <u>.320</u>  | .219         |
| EMI                                | <u>-.020</u> | .024         | .009         | <u>.959</u>  | .087                               | .155         | .061         | <u>.979</u>  |

Abbildung 23

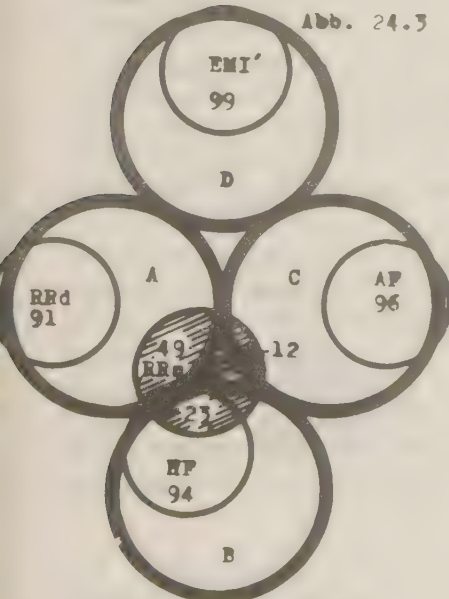
Abb. 24.



KEINE STIMULATION  
TAG

KEINE STIMULATION NKST  
NACHT

Abb. 24.3



OPTISCHE STIMULATION  
TAG

# GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER FAKTORENANALYSE

große Kreise: Faktoren A,B,C  
und D.

kleine Kreise: Autonome Reaktio-  
nen.

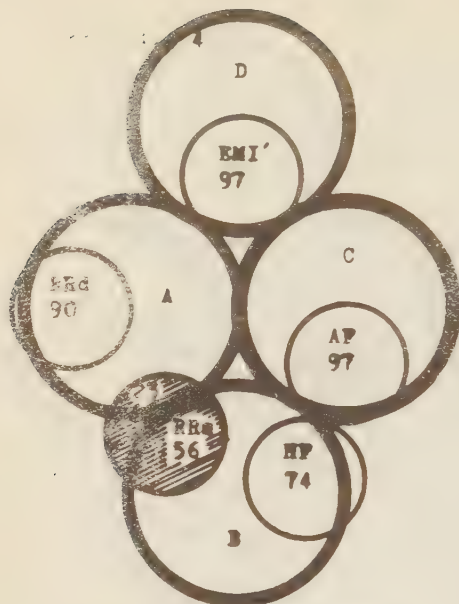
Die Zahlen in den kleinen Krei-  
sen geben an, einen wie hohen  
Varianzanteil in % der betreffen-  
de Faktor an der autonomen Größe  
hat.

Beispiel: Abb. 24.3.

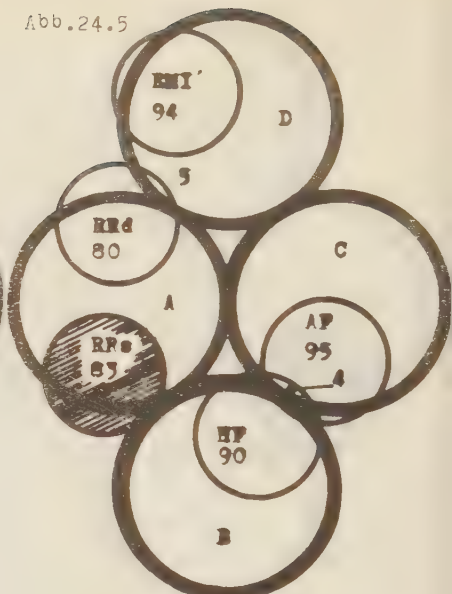
Faktor A liefert 49%, Faktor B  
23 % und Faktor C 12% Varianz-  
anteil an RRs, zusammen also 84%.

RRs ist demnach zu 84% von den  
Faktoren A,B und C bestimmt.  
100% - 84% = 16% ist die Fehler-  
varianz, d.h. dieser Anteil ist  
nicht durch die 3 Faktoren er-  
klärt.

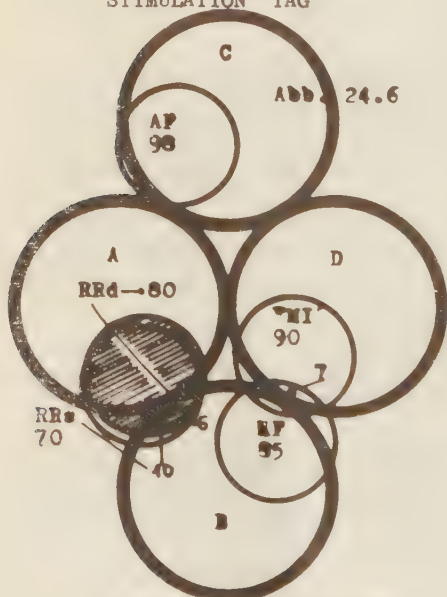
Abbildung 24.1 bis 24.3



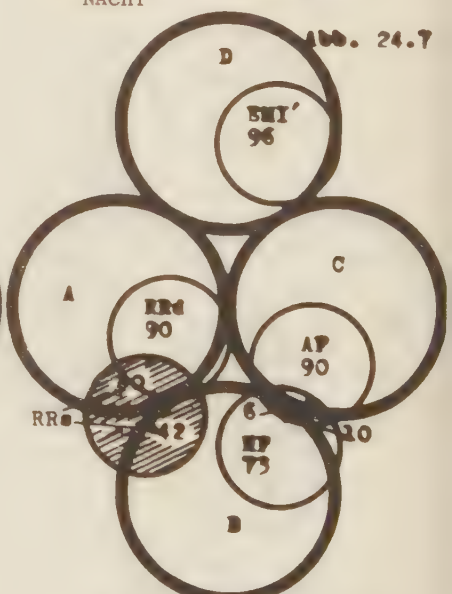
3 MIN NACH OPTISCHER  
STIMULATION TAG



KEINE STIMULATION NOST  
NACHT



3 MIN NACH AKUSTISCHER  
STIMULATION TAG



3 MIN NACH AKUSTISCHER  
STIMULATION NACHT

## 4 DISKUSSION

=====

### 4.1 NACHREAKTION

Unter der als physiologisch zu bezeichnenden Stimulation fand sich gegenüber Ruhe eine signifikante Erhöhung der scores aller fünf gemessenen autonomen Reaktionen. Die Tatsache der Erhöhung autonomer Reaktionen durch sensorische Stimulation wurde schon von AX ( 4 ), v.EIFF (40, 34 ), IMHOF ( 58 ), SPALDING ( 97 ), BAUST ( 7 ), LACEY ( 72 ), CADORET ( 22 ), BLOCK ( 9 ), DROGICHINA ( 27 ), STEINMANN ( 100 ), BRAMBRING ( 14 ) und DÜHRSEN ( 28 ) beschrieben.

Die Mehrzahl der Untersucher fand jedoch eine simultane signifikante Erhöhung von RRs, RRd, AF, HF und EMI selbst bei stärkerer Reizung nicht ( AX, 4/ v.EIFF, 34/ DROGICHINA, 27/ STEINMANN, 100/ BRAMBRING, 14 ). Ein Grund für diese Diskrepanz ist in den besseren Ruhebedingungen des vorliegenden Experimentes zu suchen. Da die Werte unter Reiz von den Ruhewerten abhängen ( WILDER-Gesetz ) und die Differenz Reiz minus Ruhewert mit zunehmender Vorreiz-ebene abnimmt ( STERNBACH, 102 ), wurde der Kontrolle der autonomen Reaktionen unter strengen Ruhebedingungen und über einen langen Zeitraum besonderes Gewicht beigemessen. Als Ausdruck für die Güte der Ruhebedingungen kann der Muskeltonus angesehen werden, der als empfindlichster Indikator der Affektivität bekannt ist ( v.EIFF, 35 ) und bei den meisten Messungen im Ruheversuch ( Versuchsreihe 1 ) Null war.

Die Beobachtung einer kurzen Nachreaktionszeit wurde für HF ( 2 Minuten ) von STOKVIS ( 104 ) und für den Tonus von v.EIFF schon mehrfach beschrieben.

Über die längere Nachreaktionszeit von AF, RRs und RRd liegen aber keine vergleichbaren Ergebnisse vor. IMHOF ( 58 ) fand unter Stimulation mit Rechenaufgaben bei direkter RR-Messung Rückbildungszeiten von nur 20 - 70 Sekunden. IMHOF kontrolliert jedoch nicht den Einfluß der direkten RR-Messung und nimmt Bezug zur Vorreizebene und nicht zu Ruhewerten.

Unter den autonomen Reaktionen ist die Nachreaktionszeit des RRd mit 180 Minuten am längsten. Diese Sonderstellung des RRd wird auch von anderen Autoren unter sensorischer Stimulation beschrieben ( MEYER-DELIUS, 80/ JANSEN, 59/ BRAMBRING, 14 ).

Die Tatsache, daß die Nachreaktion aller fünf gemessenen autonomen Größen auf optische und akustische Reize identisch ist, wird als bemerkenswertes Ergebnis angesehen, weil nach SUTERMEISTER ( 106 ) der Hörsphäre im Gegensatz zur Sehsphäre eine besonders enge Beziehung zum Emotionalen zugeschrieben wird und auf das ANS stärker wirken soll. Es handelt sich hier also nicht um eine stimulations- oder funktionsspezifische Reizantwort, wie sie in der Literatur diskutiert wird ( WENGER, 114/ v.EIFF, 34,42/ LACEY, 72/ CADORET, 22/ BLOCK, 9/ WHITE, 76/ GALBRECHT, 48 ).

Ein Vergleich der Tagesprofile während und nach Stimulation mit dem Ruheversuch brachte bei keinem der 5 scores ein signifikantes Ergebnis, weswegen sich weder eine Gewöhnung, wie sie vielfach beschrieben wird ( v.EIFF, 40, 38,37/ BRAMBRING, 14/ BAUST, 7/ DYKMAN, 29/ GRINGS, 54 ), noch eine zunehmende Belastung durch die andauernde Reizung nachweisen lassen und zwar bei keinem Parameter.

Die Ergebnisse könnten so gedeutet werden, daß sich die Effekte von Gewöhnung und zunehmender Belastung im Sinne eines Streß aufgehoben haben. Da aber nach SCHOLANDER ( 93 ) eine experimentelle Situation, die wie bei den vorliegenden Experimenten erhöhte Wachsamkeit fordert, die Gewöhnung aufschiebt, ist eher anzunehmen, daß weder eine Gewöhnung noch eine zunehmende Belastung stattgefunden haben.

Ein Vergleich innerhalb des Tages und zwischen Tag und Nacht der Versuchsreihe 1 hat bei keinem der fünf Parameter Unterschiede im Sinne eines Tag-Nacht-Rhythmus ergeben.

Die Existenz einer tageszeitabhängigen Rhythmik wird in der Literatur jedoch allgemein bejaht. ( Allgemein: HUFELAND, 57/ BÜNNING, 20/ JORES, 65. RRs, RRd und HF: RICHARDSON, 88,89. RRs, RRd, HF und AF: SOLLBERGER, 96. Harnstoff- und Blutzuckerausscheidung: GERRITZEN, 50. Körpertemperatur: ASCHOFF, 3/ BENEDICT, 8. EKG: BÖCKLE, 10 ).

Die Periodik soll teils von äußeren Einflüssen ( VÖLKER, 110/ MENZEL, 79/ HAUTY, 55/ BROWMAN, 18/ JORES, 64 ), teils von Schlaf und Schlafentzug ( RICHARDSON, 89/ AX, 4/ SHAPIRO, 94 ) und teils von inneren Einflüssen ( v. EIFF, 33/ MENZEL, 79/ BÜNNING, 21/ MENNINGER-LERCHENTHAL, 78 ) abhängig sein, die durch äußere Einflüsse nur teilweise geändert werden können.

Diese Diskrepanz läßt sich allein durch Ausschaltung der Lichtreize ( wie es in der Reihe 1 der Fall war ), denen von JORES ( 64 ) und BROWMAN ( 18 ) eine besondere Bedeutung unter den äußeren Zeitgebern zugesprochen wird, nicht erklären. Ein wesentlicher Einfluß wird der strengen Ruhesituation unter Behaglichkeitsbedingungen beigemessen.

Die Tatsache, daß weder eine 24-Stunden-Rhythmik noch ein

Gewöhnungseffekt bei irgendeinem Parameter die Werte im Tagesprofil geändert haben, erlaubt die Verwertung der scores für die Frage von Nachreaktion und Steuerungsprinzipien über die gesamte Dauer des Versuches ohne Korrektur.

In der vorliegenden Arbeit wurden also Normwerte für die Nachreaktion des ANS anhand repräsentativer autonomer Größen unter common-life-situation ermittelt. Dabei wurde festgestellt:

- a) Innerhalb von 3 Minuten nach Unterbrechung der Dauerstimulation haben sich die Werte von EMI und HF sowohl zu Beginn als auch während und nach 12-stündiger Dauer des Versuches ohne Änderung der Nachreaktionszeit zurückgebildet und bewegen sich also ständig zwischen Ruhe und Reizebene.
- b) AF, RRs und RRd dagegen verharren konstant während der ganzen Versuchsdauer auf der Reizebene und erreichen nach Beendigung der Stimulation erst innerhalb von 80 Minuten bei AF und RRs und 180 Minuten bei RRd wieder die Ruheebene.

Da der Blutdruck schnelle Schwingungen ausführen kann (respi-ratorische Blutdruckschwankungen, TMH-Wellen, siehe KOEPCHEN, 68 ), kann das träge Verharren auf der Reizebene nicht durch zu langsame Schwingungsfähigkeit im Blutdruckregelmechanismus erklärt werden. Es ist vielmehr die Fortdauer von Wirkungsprinzipien peripherer (H-Ionen, Histamin, Acetylcholin ) und zentraler Genese nach Beendigung des Reizes zu postulieren.

Ob periphere oder zentrale Mechanismen hier den Ausschlag geben, kann nicht gesagt werden.

Wie es statistischen Untersuchungen eigen ist, wird keine Aussage über die Reaktionskette zwischen Ursache und Wirkung

gemacht. Es soll lediglich auf die Tatsache des Zusammenhanges von Ursache ( Stimulation ) und Wirkung ( lange Nachreaktionszeit ) hingewiesen werden.

Entscheidend für die Interpretation ist, daß RRd unter Stimulation gegenüber dem Ruheversuch konstant höher bleibt und nach Beendigung des Dauerreizes 180 Minuten benötigt, um sich auf Ruhewerte zurückzubilden.

Die Arbeit kann als Grundlage zur weiteren systematischen Erforschung der autonomen Nachreaktion dienen, z.B. von Personen, die langdauernder unphysiologischer Stimulation wie Flug- oder Industrielärm ausgesetzt sind, um dann die für die Regeneration notwendige Zeit und Bedingungen exakt ermitteln zu können.

#### 4.2 STEUERUNGSFAKTOREN

Nach Betrachtung der Nachreaktion durch Mittelwertsvergleiche steht die Frage von Zusammenhängen der autonomen Reaktionen untereinander und die Frage nach steuernden Faktoren im Vordergrund. Da in der vorliegenden Arbeit systematisch über längere Zeiträume und unter sieben verschiedenen Versuchsbedingungen korreliert und analysiert wurde, kann im Gegensatz zu anderen Arbeiten auch der Einfluß von Zeit und Stimulationsbedingungen auf die Korrelation und Faktorenstruktur untersucht werden.

Die Korrelationen variieren stark, sowohl in Abhängigkeit von der Stimulation als auch von der Zeit.

Folgende auffallenden Phänomene lassen sich aufzeigen:

- a) Die Herz-Kreislaufgrößen RRs-RRd und RRs-HF ( nicht jedoch RRd-HF ) korrelieren höher als die anderen Größen. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit Unter-

suchungen von LACEY ( 72 ), LAZARUS ( 74 ) und FAHRENBURG ( 43 ).

- b) Aber auch andere Größen z.B. AF-HF und HF-EMI' korrelieren besonders unter Stimulation relativ hoch miteinander und vergleichsweise höher, als RRd und HF miteinander korrelieren. Die Korrelationen sind höher als die, die von v.EIFF ( 36 ) während Reportagen der Fußballweltmeisterschaft zwischen HF-AF und HF-EMI und BOYLE ( 13 ) zwischen AF-HF gefunden haben.
- c) AF-HF korreliert in Ruhe höher als unter oder nach optischer oder akustischer Stimulation. Dieses Ergebnis bestätigt eine Untersuchung von WILSON ( 117 ) an gesunden Probanden unter akustischer Stimulation.
- d) In der Nacht sind sieben von zehn Korrelationen höher als am Tage, unabhängig davon, ob die Versuchsbedingungen von Tag und Nacht gleich oder verschieden sind. Für dieses auffällige Phänomen gibt es in der Literatur keinen Hinweis.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß neben dem konstanten Tag-Nacht-Einfluß auf sieben Korrelationen der Effekt der Stimulation so unterschiedlich ist, daß sich klare Strukturen nicht herausarbeiten lassen. Es ist auch bemerkenswert, daß die Korrelationen nicht generell mit der Werteerhöhung zunehmen. Es wird deswegen versucht, die Information der Korrelationsmatrizen faktorenanalytisch zu deuten. Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, liegt noch keine Faktorenanalyse zur Frage nach Steuerungsprinzipien der autonomen Funktionen in der Nachreizperiode vor.

Das Ergebnis von vier Faktoren war nicht vorauszusehen. Man hätte eher einen general factor erwartet, da durch Stimulation die Werte signifikant ansteigen. Überraschend

ist auch die Tatsache, daß die Struktur der Faktorenanalyse, nämlich eigene Faktoren für RRd, HF, AF und EMI', gemeinsame Steuerung von RRs durch den RRd- und HF-Faktor, über alle Versuchsbedingungen hin konstant bleibt, obwohl sich die Werthöhe ändert und obwohl sich die Korrelationen ändern. Offenbar hat sich die Relation der Korrelationen untereinander nicht geändert. Den vielfältigen Ergebnissen der Korrelationen liegen also klare Faktorenstrukturen zugrunde. Dies ist eine neue Erkenntnis, die man aus der Information der Korrelationsmatrix nicht gewinnen konnte.

Die vier Faktoren werden folgendermaßen benannt:

- Faktor A: Gefäßwiderstand steuernder Faktor.
- Faktor B: Herzaktion steuernder Faktor.
- Faktor C: Atemfrequenz steuernder Faktor.
- Faktor D: Muskeltonus ( Restaktivität ) steuernder Faktor.

Wenn sich die Gefäßweite der präkapillaren Gefäße ändert, ändert sich in erster Linie der RRd, dann sekundär RRs. Eine Änderung der Herzaktion wird sich in einer Änderung der Frequenz und in einer Änderung von RRs äußern. Insofern erscheint die Benennung der Faktoren sinnvoll.

Wenn der systolische Blutdruck aber von dem RRd-Faktor und dem HF-Faktor gesteuert wird, dann bringt die Messung von RRs keine neue Information über das autonome Nervensystem, während RRd, HF, AF und EMI eigene und ergänzende Informationen über das ANS liefern.

Bei dieser Interpretation der Faktoren wird es auch verständlich, warum die Nachreaktionszeit von RRs ( 80 min ) zwischen der von RRd ( 180 min ) und der von HF ( < 10 min ) liegt. Die Gefäßweite der präkapillaren Gefäße ist für das

lange Verharren auf der Reizebene verantwortlich zu machen. Wegen des Einflusses des RRd-Faktor auf RRs wurde eine lange Nachreaktionszeit von RRs nur vorgetäuscht.

Warum der systolische Blutdruck je wechselnd nach Versuchsbedingungen mal mehr von Faktor A, mal mehr von Faktor B mitgesteuert wird, kann nicht erklärt werden.

Die Biokybernetik hat in die Medizin Denkmodelle von Reglersystemen eingeführt und vor allem am Beispiel der Blutdruckregulation das Modell eines zweiseitig geregelten Systems erläutert ( WAGNER, 111,112/ DRISCHEL, 26/ FRANK, 44/ DELIUS, 24/ KRAMER, 69/ SUTERMEISTER, 106 ).

Für die Änderung der Stellgröße ( Sollwerteinstellung ) werden Homöostase ( Wirkung der Pressorezeptoren ), Leistungsanpassung und vegetative Mitbewegung ( DELIUS, 24 ) verantwortlich gemacht.

Als vegetatives Erfolgsorgan sensorischer oder endogener Stimulation wird der Sympathikus ( NEUBERGER, 83/ JORES, 66/ STERNBACH, 103/ WENGER, 113 ) oder auch ein Wechselspiel zwischen Sympathikus und Parasympathikus ( GALBRECHT, 48 ) angegeben.

Man erwartet deshalb von der Stimulation eine Zunahme der Abhängigkeit und eine Generalisierung der vielfältigen Einflüsse. Der Sympathikus kann aber aktivierend auf alle autonomen Funktionen einwirken und dadurch zu einer Wertenerhöhung führen, ohne daß gleichzeitig die Freiheit einzelner Größen ( RRd, HF, AF, EMI ) erheblich beeinflußt wird, sich unabhängig voneinander zu verhalten. Diese Interpretation wird durch die Korrelationsergebnisse nahegelegt. Die signifikanten Korrelationen haben eine Koppelung allenfalls vorgetäuscht. Wie wenig zwei Größen auch bei hochsignifikanter Korrelation gegen Null gekoppelt sind, und wie gering die Voraussagemöglichkeit von einer auf die

andere Größe ist, zeigt folgendes Beispiel. Die Korrelation zwischen HF und EMI beträgt 3 min nach akustischer Stimulation am Tag  $r = .464$  und ist bei einer Anzahl von 200 Freiheitsgraden hochsignifikant ( $p < .001$ ). Das Bestimmtheitsmaß ( $E$ ) beträgt aber nur:  $E = 21.5\%$ . Zu 21.5 % ist EMI an HF gekoppelt, zu 78.5 % können sich die beiden Größen unabhängig voneinander bewegen. Unter Ruhe waren sie vergleichsweise fast völlig unabhängig voneinander.

Unter physiologischer optischer und akustischer Dauerreizung tritt im vorliegenden Experiment bei gesunden männlichen Probanden zwischen 20 und 30 Jahren folglich keine Generalisierung ein, d.h. kein aktivierendes Prinzip nimmt überhand über alle anderen Einflüsse.

Das Ergebnis wirft eine Reihe von Fragen auf und drängt zu weiteren Experimenten.

Wie wird sich die Faktorenstruktur unter Streß verhalten? Wird sich dann das Dominieren der Aktivität der sympathischen Zentren über reflektorisch ausgebildete Hemmungen der hypothalamischen und subordinierten bulbären Zentren (v.EIFF, 31) in einem general factor zeigen? Wie sehen die Verhältnisse bei weiblichen Probanden, bei älteren Menschen und vegetativ Kranken aus? Wie etwa bei neurogener (essentieller) Hypertonie, für die v.EIFF (31) eine primäre Hyperaktivität sympathischer Zentren annimmt?

Möglicherweise kann nämlich eine langdauernde Nachreaktion der präkapillären Vasokonstriktoren zum Manifestwerden einer Hypertonie beitragen. Es kann aber jetzt schon gesagt werden, daß neben dem Studium der Reaktion auf sensorische Reize auch dem der Nachreaktion eine Bedeutung zum Verständnis vegetativ Erkrankter zukommen wird.

An sechs gesunden männlichen Studenten wurde im 24-Stunden-Versuch das Verhalten der autonomen Nachreaktion unter physiologischer Stimulation untersucht. Die Parameter RRs, RRd, HF, AF und EMI wurden simultan, objektiv und in den Fehlern kontrolliert registriert.

Dabei fand sich kurze Nachreaktion für EMI und HF ( $< 10$  min) und längere für RRs und AF (80 min) und RRd (180 min). Ein Effekt von tageszeitlicher Rhythmik oder Gewöhnung auf die Nachreaktion trat nicht auf.

Die fünf autonomen Parameter wurden korreliert und einer Faktorenanalyse unterzogen. Die Korrelationen variieren in Abhängigkeit von den Versuchsbedingungen. Eine eindeutige Beziehung zwischen Anstieg der Werte unter Stimulation und proportionaler Änderung der Korrelation konnte nicht festgestellt werden.

Die Faktorenanalyse ergab unter den vorliegenden Bedingungen eine konstante Faktorenstruktur über alle Versuchsbedingungen. Man kann danach die 5 Parameter als von vier Faktoren gesteuert auffassen.

Für RRd, HF, AF und EMI wurde stets ein eigener Faktor gefunden, während RRs mit von den Versuchsbedingungen abhängigen Varianzanteilen Ladungen im RRd- und HF-Faktor hat.

## 6.1 ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

|                 |                                                                           |
|-----------------|---------------------------------------------------------------------------|
| AF              | Atemfrequenz = Parameter Nr.3                                             |
| ANS             | Autonomes Nervensystem                                                    |
| AR              | Autonome Reaktion                                                         |
| cos             | Cosinus                                                                   |
| df              | Anzahl der Freiheitsgrade                                                 |
| $\frac{dp}{dt}$ | Differentialquotient Blutdruck nach Zeit                                  |
| dRR             | Blutdruckamplitude                                                        |
| E               | Bestimmtheitsmaß $r^2$                                                    |
| EMI             | Elektromyointegral                                                        |
| EMI'            | $\log (EMI + 2) =$ Parameter Nr.5                                         |
| HF              | Herzfrequenz = Parameter Nr.4                                             |
| $M, \bar{M}$    | Mittelwert, Mittelwert der Mittelwerte                                    |
| $M_{diff}$      | Differenz der Mittelwerte $M_1, M_2$                                      |
| MF              | Meßfehler                                                                 |
| min             | Minute                                                                    |
| MQS             | Mittlere Quadratsumme                                                     |
| $N, n$          | Anzahl VPN, Anzahl Kategorien                                             |
| NKST            | NOST Nach keiner -optischer- Stimulation am Tage                          |
| p               | Restwahrscheinlichkeit, zweiseitig                                        |
| r u. R.         | Korrelationskoeffizient der Produkt-Moment-Korrelation                    |
| $r_{xy}$        | $R_{12}$ Korrelation zwischen den Parametern x u. y,<br>$1 \text{ u. } 2$ |
| RR              | Blutdruck                                                                 |
| RRd             | Diastolischer Blutdruck = Parameter Nr.2                                  |
| RRs             | Systolischer Blutdruck = Parameter Nr.1                                   |
| $\sum$          | Summenzeichen                                                             |
| S               | Schätzwert für die Standardabweichung                                     |
| $S^2$           | Varianz                                                                   |
| $S_{diff}$      | Mittlere Streuung von $S_1$ und $S_2$                                     |
| sec             | Sekunde                                                                   |
| sin             | Sinus                                                                     |

|           |                                                      |
|-----------|------------------------------------------------------|
| $S_{pop}$ | Schätzwert für die Standardabweichung der Population |
| T         | Muskeltonus                                          |
| t         | Prüfstatistik, t-Test                                |
| te        | Zeit, Uhrzeit                                        |
| U         | Spannung                                             |
| V         | Volt, mV Millivolt                                   |
| VP, VPn   | Versuchsperson, Versuchspersonen                     |
| y         | Rotationswinkel                                      |

## 6.2 VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN, TABELLEN und SCHEMATA

|                                                                                                                     | Seite |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| 1 Schema des Versuchsaufbaus                                                                                        | 7     |
| 2 Schema der Bestimmung der Meßdaten                                                                                | 8     |
| 3 Darstellung der Geräusche über der A.brachialis                                                                   | 11    |
| 4 Grafische Auftrennung der über der A.brachialis registrierten Schwingungen                                        | 12    |
| 5 Vergleichende Darstellung ungefilterter und gefilterter KOROTKOFF'scher Geräusche                                 | 15    |
| 6 Darstellung des Abstandes zwischen R-Zacke im EKG und dem KOROTKOFF-Geräusch in Abhängigkeit vom Manschettendruck | 16    |
| 7 Darstellung einer grafisch registrierten Blutdruckmessung                                                         | 17    |
| 8 Schema der Datenverarbeitung                                                                                      | 30    |
| 9 Darstellung des Prinzips der Faktorenzerlegung                                                                    | 37    |
| 10 Darstellung des Prinzips der orthogonalen Rotation                                                               | 38    |
| 11 Tabelle der Mittelwerte und Streuung                                                                             | 40    |
| 12,13,14 Darstellung des Effektes der sensorischen Stimulation                                                      | 42-44 |
| 15 Darstellung des Gewöhnungseffektes                                                                               | 47    |
| 16,17,18 Darstellung des Effektes des Tag-Nacht-Rhythmus                                                            | 49-51 |
| 19 Tabelle der Korrelationen                                                                                        | 53    |
| 20 Darstellung des Effektes der sensorischen Stimulation auf die Korrelation                                        | 55    |
| 21,22 Darstellung des Effektes des Tag-Nacht-Rhythmus auf die Korrelation                                           | 56,57 |
| 23 Tabelle der rotierten Faktorenanalysen                                                                           | 60    |
| 24.1 bis 24.7 Grafische Darstellung der Faktorenanalysen                                                            | 61,62 |
| 25 bis 31 Abbildungen der Originaldaten                                                                             | 88-94 |

### 6.3 LITERATURVERZEICHNIS

- 1     ANDERSON WF: Observer Error in Recording Arterial  
      Blood Pressur. British Heart J 169:169-172,  
      March 1961
- 2     ANSCHÜTZ F, BURKERT E: Der Fehler der auskultatorischen  
      Blutdruckmessung nach Riva-Rocci/Korotkoff an um-  
      fangreichen Weichteilen. Z f Kreislauff 43:335 ff,  
      1954
- 3     ASCHOFF J: Der Tagesgang der Körpertemperatur beim  
      Menschen. Kli Wo 23:24f, 1955
- 4     AX A, LUBY ED: Autonomic Response to Sleep Deprivation.  
      Archives of General Psychiatry 4:55ff, 1961
- 5     BÁLINT P: Lehrbuch der Physiologie. Verlag der Unga-  
      rischen Akademie der Wissenschaften Budapest, 1963
- 6     BAUEREISEN E, PAERISCH M, SCHNURSO R: Experimentelle  
      Kritik graphischer Verfahren zur indirekten Blut-  
      druckmessung. Zeitschrift f d gesamte Innere Me-  
      dizin Leipzig 8:1077f, 1953
- 7     BAUST W: Zentralnervöse Mechanismen emotionaler Kreis-  
      laufbelastungen. Verh d Dt Ges f Kreislauff 32:37ff,  
      1966
- 8     BENEDICT FG, SNELL JF: Körpertemperaturschwankungen  
      mit besonderer Rücksicht auf den Einfluß, welche  
      die Umkehrung der täglichen Lebensgewohnheiten  
      beim Menschen ausübt. Pflügers Archiv f d ges.  
      Physiologie 90:33-52, 1902
- 9     BLOCK JD: Awareness of Stimulus Relationships and  
      Physiological Generality of Response. Biological  
      Psychiatry, Recent Advances in, Plenum Press  
      New York 4:46-52, 1962

- 10 BÖCKLE EM: Ein Beitrag zur Frage der Tagesschwankungen im EKG der Standard Extremitätenableitungen. Z f Kreislauff 42:42off, 1953
- 11 BONSDORFF von B: Zur Methodik der Blutdruckmessung. Acta Medica Scandinavica Suppl 51:423,1932
- 12 BORDLEY J: Recommendations for Human Blood Pressure Determ by Sphygmomanometers. Circulation 4:503f,1951
- 13 BOYLE RH, DYKMAN RA, ACKERMAN PT: Relationship of Resting Autonomic Activity, Motor Impulsivity and EEG Tracings in Children. Archives of General Psychiatry 12:314f,1965
- 14 BRAMBRING D: Verhalten des Kreislaufs, der Atmung und des reflektorischen Muskeltonus bei andauerndem und unterbrochenem Industrielärm. Dissertation Bonn, 1965
- 15 BRECHT K; KUTSCHA W, BARLEY K: Infratonkapsel, ein neuer mechano-elektrischer Messwandler zur Registrierung von arteriellen Volumenpulsen. Z f Kreislauff 49:303f,1960
- 16 BRECHT K, BOUCKE H: Eine Methode zur fortlaufenden unblutigen Registrierung des Blutdrucks an Menschen. Kli Wo 32:683f,1954
- 17 BRECHT K, BOUCKE H: Ein neues Kreislaufüberwachungsgerät. Z f Kreislauff 42:593f,1953
- 18 BROWMAN LG: Artificial Sixteen-Hour-Day Activity Rhythm in the White Rat. Am J of Physiology 168:694f,1952
- 19 BUCHTHAL F: Einführung in die Elektromyographie. Urban u.Schwarzenberg Berlin, 1958
- 20 BÜNNING E: Gesetzmäßigkeiten der Chronobiologie. Verh d.Ges f.Innere Medizin 73:887-895,1967

- 21 BÜNNING E: Die physiologische Uhr. Springer Berlin, 1963
- 22 CADORET RJ: Relationship Between Autonomic Response Patterns and Conditioning Learning. Perceptual and Motor Skills Missoula 16:67-85,1963
- 23 CYTAWA J, MODREZJEWSKI E: Tensiographic Studies of Blood Pressure and the Type of Nervous System. Acta Physiologica Polonica Warszawa 12:403-411,1961
- 24 DELIUS L: Symposion Psychosomatik der Herz-Kreislauf-Regulation. Z Psychosomatische Medizin 10:295f,1964
- 25 DIXON W: BMD03M General Factor Analysis. Biomedical Programs, Univ Calif Press Los Angeles, 1964
- 26 DRISCHEL H: Biokybernetische Grundlagen der vegetativen Regulationsprüfung. Ärztl Forsch 16:474f,1963
- 27 DROGICHINA ZA, MILKOV LE, GINZBURG DA: Changes of the Bioelectrical Cerebral Activity and Certain Vegetative Vascular Reactions Resulting from the Action of Noise. Gigiena:Sanitaria Moskawa 613:29-32,1965
- 28 DÜHRSEN A, SCHWIDDER AF, JORES A: Zum Stressbegriff in der psychosomatischen Medizin. Verh d.Ges f Inn Med 73:1967
- 29 DYKMAN RA: Psychophysiological Reactions to Novel Stimuli. Ann New York Academy of Sciences 79:45f, 1959/60
- 30 EDINGER L, SPRING M: Automatic Electronic Blood Pressure Apparatus. Am J of Medical Electronics 2:138f,1963
- 31 EIFF von AW: Das vegetative Nervensystem. In Heilmeyer: Lehrbuch der Pathophysiologie. Gustav-Fischer-Verlag Stuttgart Kap VIII:699ff,1968

- 32 EIFF von AW, JESDINSKY HJ, JÖRGENS H: Die Oberflächen-  
elektromyographie in der Inneren Medizin Munch Med  
Wschr 104:789f,1962
- 33 EIFF von AW, BÜCKLE EM, GÖPFERT H, PFLEIDERER F,  
STEFFEN Th: Die Bedeutung des Zeitbewußtseins für  
die 24-Stunden-Rhythmen des erwachsenen Menschen.  
Zschr f d ges exp Med.120:295f,1953
- 34 EIFF von AW: Die Rolle des autonomen Nervensystems  
in der Ätiologie und Pathogenese der essentiellen  
Hypertonie. In: Hypertonie, Pathogenese, Klinik  
und Therapie. FK Schattauer -Verlag Stuttgart-New  
York :67ff,1969
- 35 EIFF von AW, JESDINSKY HJ, JÖRGENS H: Beziehungen  
zwischen vegetativen und subjektiven Reaktionen.  
Acta Neurovegetativa Springer-Verlag Wien-New  
York :587f,1964
- 36 EIFF von AW: Klinische Aspekte des Muskeltonus. In:  
Medizinische Grundlagenforschung Bd III.  
Hrsg v Bauer KF Thieme-Verlag Stuttgart,1960
- 37 EIFF von AW: Experimentelle Analyse einer vegetativen  
Regulationsstörung. Verh d Ges f Inn Med 73:42-58,  
1967
- 38 EIFF von AW: Funktionsspezifische Effekte und Gewöh-  
nungsphänomene bei Lärm von unterschiedlicher Zeit-  
struktur. Dtsch Forschg Colloquium Berlin-Steglitz  
22.2.1964 Franz-Steiner-Verlag, 1964
- 39 EIFF von AW, JÖRGENS H, WEIMER M, HENNEKHEUSER HH:  
Untersuchungen über psychophysiologische Reaktio-  
nen. Schriftenreihe Zivilschutz Zivilschutz-Verlag  
Bd 19 Koblenz, 1965
- 40 EIFF von AW: Zentralnervöse Beeinflussung des Elektro-  
myogramms. Verh d Ges f Inn Med 71:16cf,1965
- 41 EIFF von AW: Essentielle Hypertonie. Georg-Thieme-  
Verlag Stuttgart, 1967

- 42     EIFF von AW, JESDINSKY HJ, SIEBER R, JÖRGENS H:  
       Reaktionstypen des ANS bei emotionalen Reizen.  
       Verh d Ges f Inn Med 68:125f,1962
  
- 43     FAHRENBERG J, DELIUS L: Eine Faktorenanalyse psychi-  
       scher und vegetativer Regulationsdaten. Der Nerven-  
       arzt 10:437ff, 34.Jg
  
- 44     FRANK H: Was ist Kybernetik? Umschau Verlag Frank-  
       furt,1964
  
- 45     FRANK O, WEZLER K: Zur Bestimmung des Blutdrucks beim  
       Menschen. Zeitsch f Biologie 91:439f,1931
  
- 46     FRÖHLICH WD: Forschungsstatistik. Bouvier Bonn,1965
  
- 47     FRY DL: An Evaluation of Modern Pressure Recording  
       System. Circ Res New York 5:40f,1957
  
- 48     GALBRECHT CR, DYKMAN RA: Physiological Reactivity to  
       Different Stressors and Methods of Evaluation.  
       Psychosomatic Medicine 25:37f,1963
  
- 49     GEIGY: Wissenschaftliche Tabellen, 7.Aufl Basel,1968
  
- 50     GERRITZEN F: Der Stoffwechselstrom. Acta Med Scand  
       307:150f,1955
  
- 51     GLATZEL H, RETTENMAIER G: Kreislaufregulation und  
       Ernährung. Z f Kreislauff 8:836f,1953
  
- 52     GÖPFERT H: Über den Tonus der Skelettmuskulatur.  
       Med Grundl Forsch Bd III Georg-Thieme-Verlag  
       Stuttgart, 1960
  
- 53     GÖPFERT H: Physiologische Grundlagen der Elektro-  
       myographie. Arch f Physikal Therapie 6:365f,  
       1963, Leipzig
  
- 54     GRINGS WW, ZEINER A: Autonomic Responses to Words  
       Modified by Sensitizing and Conditioning Experi-  
       ences. J of Psychosom Research 8:373f,1965

- 55 HAUTY GT: Desynchronization in Humans under Outer Space Conditions. Ann of the New Yorker Academy of Sciences 98:1116f,1962
- 56 HEINEMANN LG: Die Abhängigkeit des auskultatorisch gemessenen Blutdrucks von Gliedmaßenumfang und Körpergewicht. Z f Kreislauff 51:504f,1962
- 57 HUFELAND DCW: Die Kunst, das menschliche Leben zu verlängern, Erster Teil, Jena,1798
- 58 IMHOF P: Über Blutdrucksteigerung bei psychischer Belastung. Cardiologica Basel 31:272f,1957
- 59 JANSEN G: Vegetative Reactions to Auditory Stimuli. Tranactios of the American Academy of Ophthalmology and Otolaryngology Rochester :445ff, May-Juni 1964
- 60 JANSEN G: Über die nichtspezifischen Wirkungen des Lärms auf den Menschen. Die Med Welt 1:35f,1960
- 61 JANSEN G: Grundsätzliche Bemerkungen über die experimentelle Lärmforschung. Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen, Westd Verl :No 793,1959
- 62 JANSEN G, REY PY: Der Einfluß der Bandbreite eines Geräusches auf die Stärke vegetativer Reaktionen. Intern Z f angewandte Physiologie 19:209f,1961-63
- 63 JÖRGENS H: Die Bedeutung des Myointegrals in der Elektromyographie. Arch f Phys Therapie Leipzig 15:405f, 1963
- 64 JORES A: Die Ursache der Rhythmik vom Gesichtspunkt des Menschen. Dtsch Med Wschr :995f,8.7.1938
- 65 JORES A: Zur Rhythmusforschung. Dtsch Med Wschr: 737f, 20.5.1938
- 66 JORES A: Endokrines und vegetatives System in ihrer Bedeutung für die Tagesperiodik. Dtsch Med Wschr: 999f,8.7.1938

- 67 KAISER HF: The Varimax Criterion for Analytic Rotation in Factor Analysis. Psychometrica 23:737f, Sept 1958
- 68 KOEPCHEN HP: Die Blutdruckrhythmik. Dr.Dietrich-Steinkopff-Verlag Darmstadt, 1962
- 69 KRAMER K: Regelung des Blutkreislaufes. VDI-Zeitschrift Berlin-Düsseldorf 1941 85:97
- 70 KRAUSE G, KLEPZIG H: Zur Abhängigkeit des Blutdruckmeßwertes von der Lage des Armes bei indirekter Messung. Z f Kreislauff 52:927f,1963
- 71 KRETHLOW A: Physikalisch-Technisches Praktikum für Mediziner. Springer-Verlag Berlin, 1930
- 72 LACEY JI: Individual Differences in Somatic Response Patterns. J of Comparative Psychol 43:338f,1950
- 73 LASZT L, MÜLLER A, PIRCHER L: Vergleiche zwischen direkter und indirekter Blutdruckmessung beim Menschen. Verh d Ges.f Kreislauff 15:92f,1949
- 74 LAZARUS RS: The Relationship Between Autonomic Indicators of Psychological Stress: Heart Rate and Skin Conductance. Psychosomatic Med 1:19f,1963
- 75 LIENERT GA: Verteilungsfreie Methoden der Biostatistik. Verlag Anton Hain Meisenheim,1962
- 76 MALMSTROM EJ et al: Heart Rate Measurement and the Correlation of Indices of Arousal. Psychosomatic Med 6:546f,1965
- 77 MAIDORN K, MELLEROWICZ H: Der arterielle Blutdruck bei ergometrischer Leistung. Z f Kreislauff 52: 53f,1963
- 78 MENNINGER-LERCHENTHAL E: Periodizität in der Psychopathologie. W Maudrich-Verlag Wien-Bonn-Berlin, 1960

- 79 MENZEL W: Menschliche Tag-Nacht-Rhythmik und Schichtarbeit. Benno Schwabe-Verlag Basel: 50-57, 1962
- 80 MEYER-DELIUS J: Die Schalleinwirkung auf den Menschen. Automobiltechnische Zeitschrift 1:293f, 1957
- 81 MITTENECKER E: Planung und statistische Auswertung von Experimenten. Wien, 1963
- 82 MORDKOFF AM: The Relationship Between Psychological and Physiological Response to Stress. Psychosomatic Med 2:135f, 1964
- 83 NEUBERGER F, SCHMID R: Über die Frequenzabhängigkeit der akustischen Sympathicusstimulation. Z f Laryngologie, Rhinologie, Otologie und ihre Grenzgebiete 40:289-299f, April 1961
- 84 OKEN D: Relation of Physiological Response to Affekt Expression. Arch of General Psychiatry 6:336, 1962
- 85 ORAHOVATS D, DASKALOV D, MARKOV M: Eine Methode zur graphischen Registrierung der Korotkoffschen Töne. Verh d Ges f Kreislauff 27:331f, 1961
- 86 REISER MF: Effect of Variations in Laboratory Procedure and Experimentor upon Ballistocardiogram, Blood Pressure, and Heart Rate in Healthy Young Men. Psychosomatic Med 17:185f, 1955
- 87 RÉVÉSZ G: Einführung in die Musikpsychologie. A Francke-Verlag Bern, 1946
- 88 RICHARDSON DW: Round the Clock Blood Pressure. British Medic J 2:526f, 1964
- 89 RICHARDSON DW: Variation in Arterial Pressure Throughout the Day and the Night. Clin Science 24:445-460, 1964

- 90 ROBINOW M: Accuracy of Clinical Determinations of Blood Pressure in Children. Am J of Diseases of Children Chicago 58:102f,1939
- 91 ROSSI L: The Neurovegetative Effect on Man of Noises Superimposed on Background Noises. Medicina del Lavoro Milano 50:332-337,1959
- 92 SCHOLANDER T: The Effects of Moderate Sleep Deprivation on the Habituation of Autonomic Response Elements. Acta Physiol Scand 51:325-342,1961
- 93 SCHOLANDER T: Studies on the Habituation of Autonomic Response Elements. Acta Societatis Medicorum Upsaliensis 1-2:33-42,1961
- 94 SHAPIRO A: Observations on some Periodic and Nonperiodic Phenomena in Normal Human Sleep. Ann of the New York Academy of Sciences 98:1139f,1962
- 95 SIEGEL S: Nonparametric Statistics for Behavioral Sciences. McGraw-Hill Book Comp New York,1965
- 96 SOLLBERGER A: General Properties of Biological Rhythms. Ann of the New York Academy of Sciences 98:757f,1962
- 97 SPALDING JMK: The Effects of Psychological Phenomena on Autonomic Function. J of Psychosomatic Research 9:149,1965
- 98 SPEISMAN JC, OSBORN J, LAZARUS RS: Cluster Analyses of Skin Resistance and Heart Rate at Rest and under Stress. Psychosomatic Med 23:323,1961
- 99 STEELE JM: Comparison of Simultaneous Indirect and Direct Measurements of Arterial Pressure in Man. J of the Mount Sinai Hosp New-York 8:1049f,1941
- 100 STEINMANN B, JAGGI, WIDMER J: Über den Einfluß von Geräuschen auf den Blutdruck des Menschen. Cardiologie Basel 27:223f,1955

- 101 STEINSCHNEIDER A; LIPTON EL: Individual Differences in Autonomic Responsivity. Problems of Measurement. Psychosomatic Med 27:446f,1965
- 102 STERNBACH RA: Some Relationships Among Various Dimensions of Autonomic Activity. Psychosomatic Med 22:43of,1960
- 103 STERNBACH, RA: A Comparative Analysis of Autonomic Responses in Startle. Psychosomatic Med 22:204f, 1960
- 104 STOKVIS B: Das Verhalten der Herzfrequenz während experimentell erzeugtem Stress. Z f Psychosomatische Medizin 8:235,1962
- 105 STOYVA JM: Finger Electromyographic Activity During Sleep. J of Abnormal Psychology 70:343,1965
- 106 SUTERMEISTER HM: Psychosomatik des Musikerlebens. Prolegomena zur Musiktherapie. Acta Psychotherapeutica et Psychosomatica Basel 12:91f,1964
- 107 THURSTONE LL: Multiple Factor Analysis. The University of Chicago Press Chicago-Illinois, 1947
- 108 UEXKÜLL von Th: Ein Apparat zur fortlaufenden Registrierung von Puls und Blutdruck. Münch Med Wschr 1:38of,1959
- 109 UEXKÜLL von Th; WICK E: Erfahrungen mit automatisch registrierenden Blutdruckapparaten. Z f Kreislauff 51:184f,1962
- 110 VÖLKER H: Über tagesperiodische Schwankungen einiger Lebensvorgänge des Menschen. Pflügers Arch f d ges Physiologie 215:43f,1927
- 111 WAGNER R: Die Regulierung des Blutdrucks als Beispiel einer Reglereinrichtung am Organismus. D Naturwissenschaften Berlin 37:128f,1950

- 112 WAGNER R: Probleme und Beispiele biologischer Regelung. Georg-Thieme-Verlag Stuttgart, 1954
- 113 WENGER MA: Pattern Analysis of Autonomic Variables During Rest. Psychosomatic Med 19:24of, 1957
- 114 WENGER MA: Autonomic Response Specifity. Psychosomatic Med 23:185f, 1961
- 115 WHITE EH: Autonomic Responsivity as a Function of Level of Subject Involvement. Behavioral Science, Ann Arbor USA 10:39-50, Jan 1965
- 116 WHITE EH: Subjectively Equated Stimulus Intensities and Autonomic Reactivity. J of Exp Psychol Washington 68:297f, Sept 1964
- 117 WILSON JWD, DYKMAN DA: Background Autonomic Activity in Medical Students. J of Comparative and Physiological Psychology 53:405f, 1960
- 118 WOLTER M: Die diagnostische Bedeutung der Elektromyographie. Dtsch Med J 15:550-555, 20.8.1964
- 119 ZANCHETTI A: Neurale Mechanismen emotionalen Verhaltens. Verh d Ges f. Kreislauff 32:46f, 1966. Darin zitiert CANNON WB: Bodily Changes in Pain, Hunger, Fear and Rage, Boston 1929

#### 6.4 ABBILDUNGEN DER ORIGINALDATEN (ROHDATAEN)

Abbildungen 25 - 31 zeigen die Originaldaten ( Rohdaten ) der 6 VPN.

Unter Ruhebedingungen ( Ausschaltung aller sensorischen Stimulation über 24 Stunden ) läßt sich bei keinem der 5 Parameter RRs, RRd, AF, HF und EMI ein Tag-Nacht-Unterschied erkennen ( Abb.25 und 26 ).

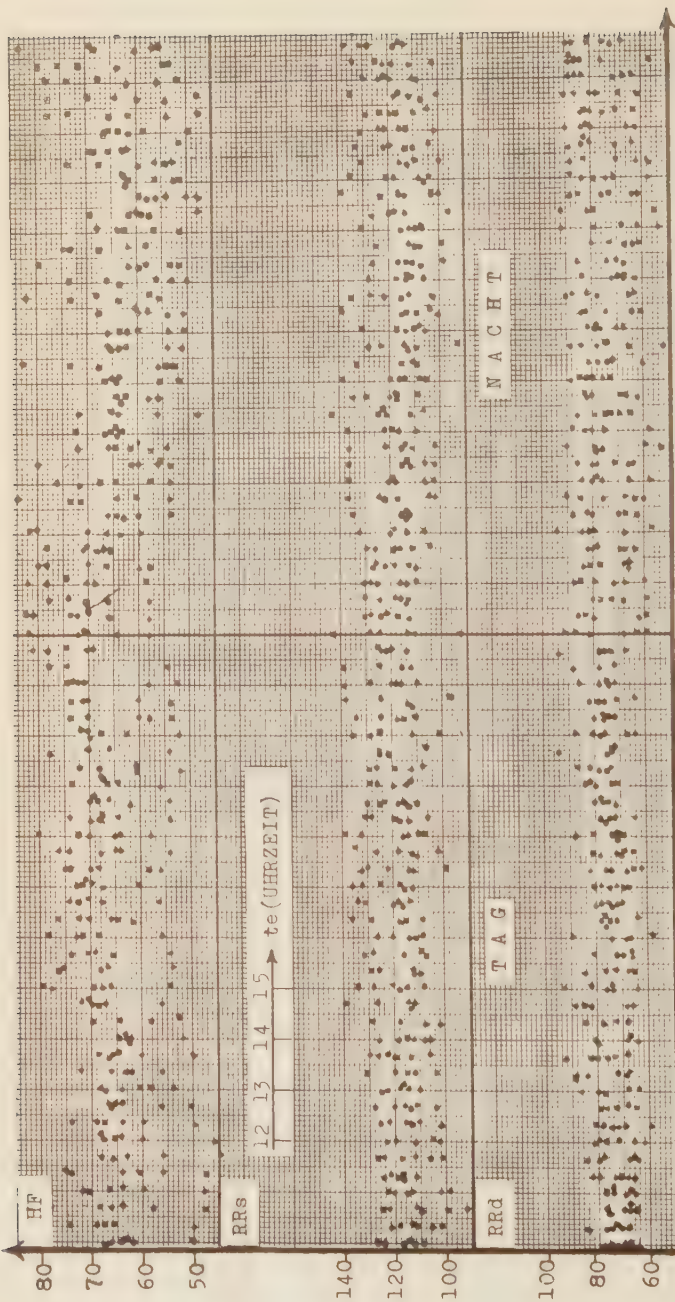
Die Werte von RRs, RRd und AF ( Abb. 27 und 29 ) zeigen an 2.Versuchstage deutliche Tag-Nacht-Unterschiede, aber keine Unterschiede innerhalb des Tagesverlaufes.

Auch bei HF liegen die Werte nachts tiefer als tagsüber. Wegen der größeren Streuung läßt sich aber keine sichere Aussage machen.

EMI zeigt keinen Unterschied.

In Abbildung 28 aber, wo am Tage die Messung während optischer Stimulation eingetragen ist, zeigen HF und EMI einen deutlichen Tag-Nacht-Unterschied.

Bis auf RRd sind in der 3.Versuchsreihe Tag-Nacht-Unterschiede zu erkennen, innerhalb des Tages aber keine Unterschiede ( Abb.30 und 31 ).



DARSTELLUNG DER  
ROHDATAEN  
VPN 1-6

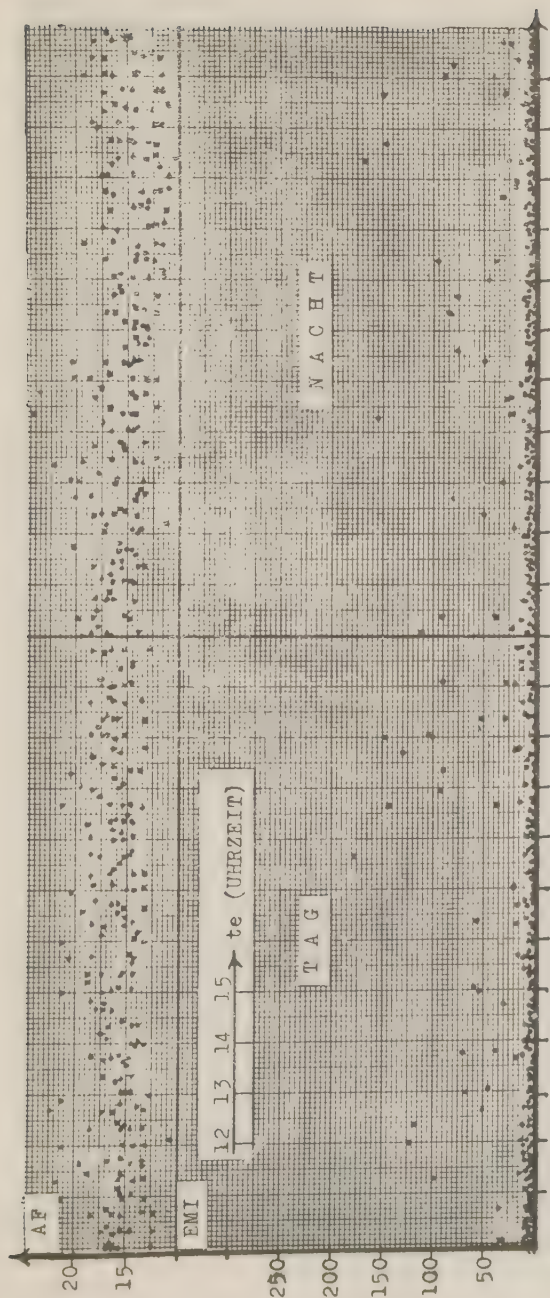
VERSUCHSREIHE 1

TAG: KEINE STI-  
MULATION

NACHT: KEINE  
STIMULATION  
NKST

RRs, RRd  
und HF

ABBILDUNG 25



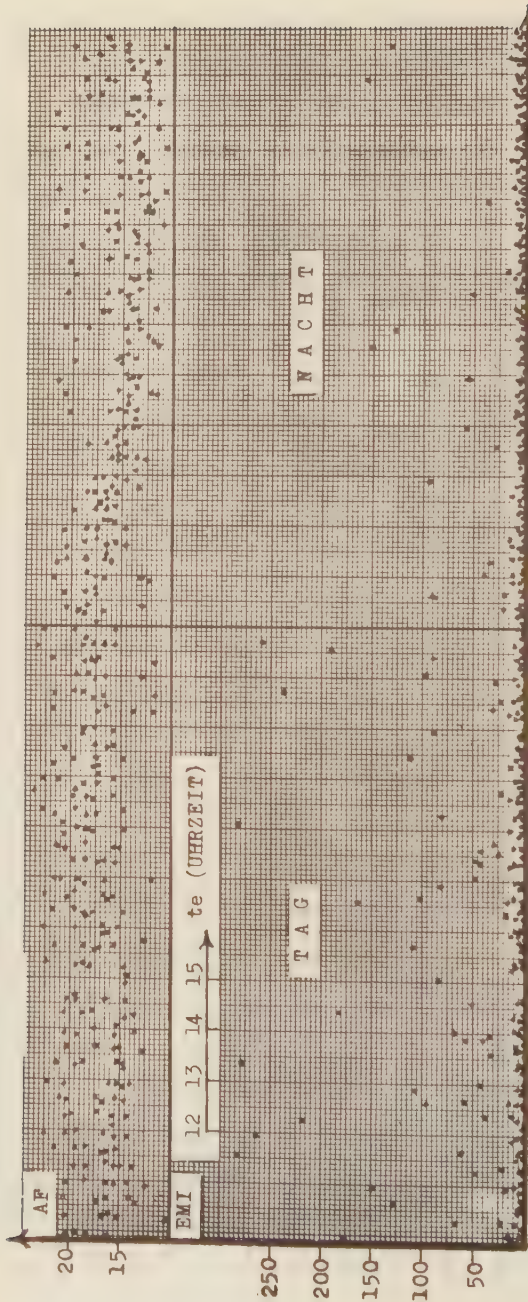
DARSTELLUNG  
DER ROHDATEN  
VPN 1 - 6

TAG: KEINE STIMU-  
LATION

NACHT: KEINE STI-  
MULATION NKST

AF und EMI

Abbildung 26



DARSTELLUNG DER  
ROHDATEN  
VPN 1-6

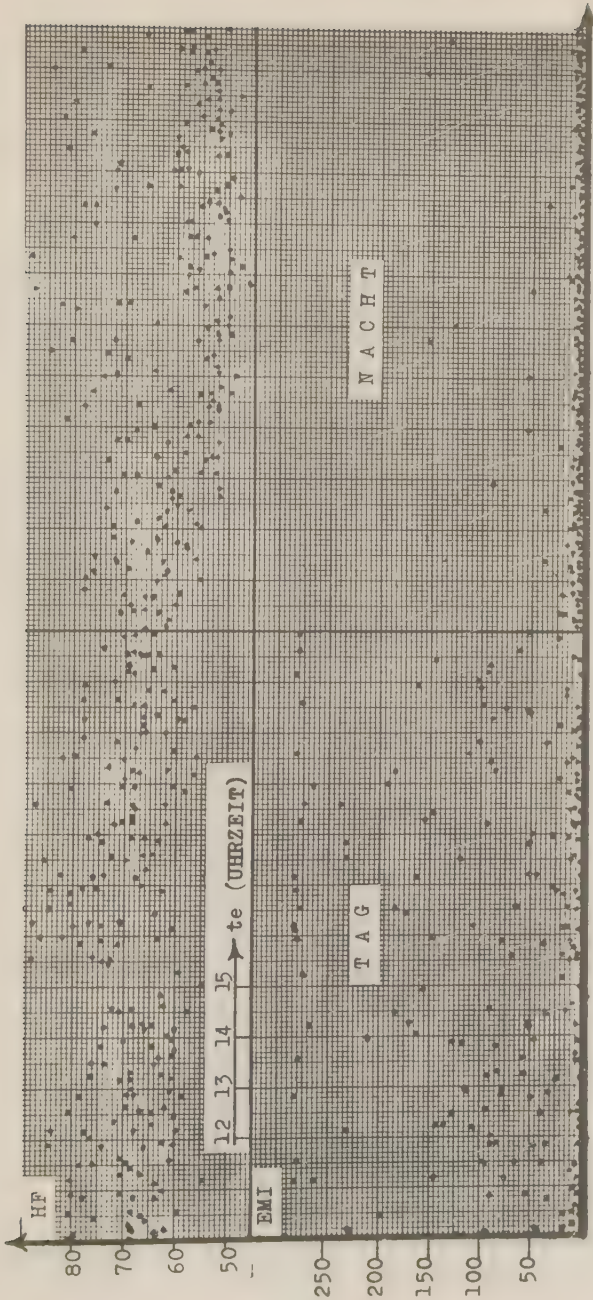
VERSUCHSREIHE 2

TAG: OPTISCHE  
STIMULATION  
NACHREAKTION

NACHT: KEINE STI-  
MULATION NOST

AF und EMI

ABBILDUNG 27



DARSTELLUNG DER  
ROHDATEN  
VPN 1-6

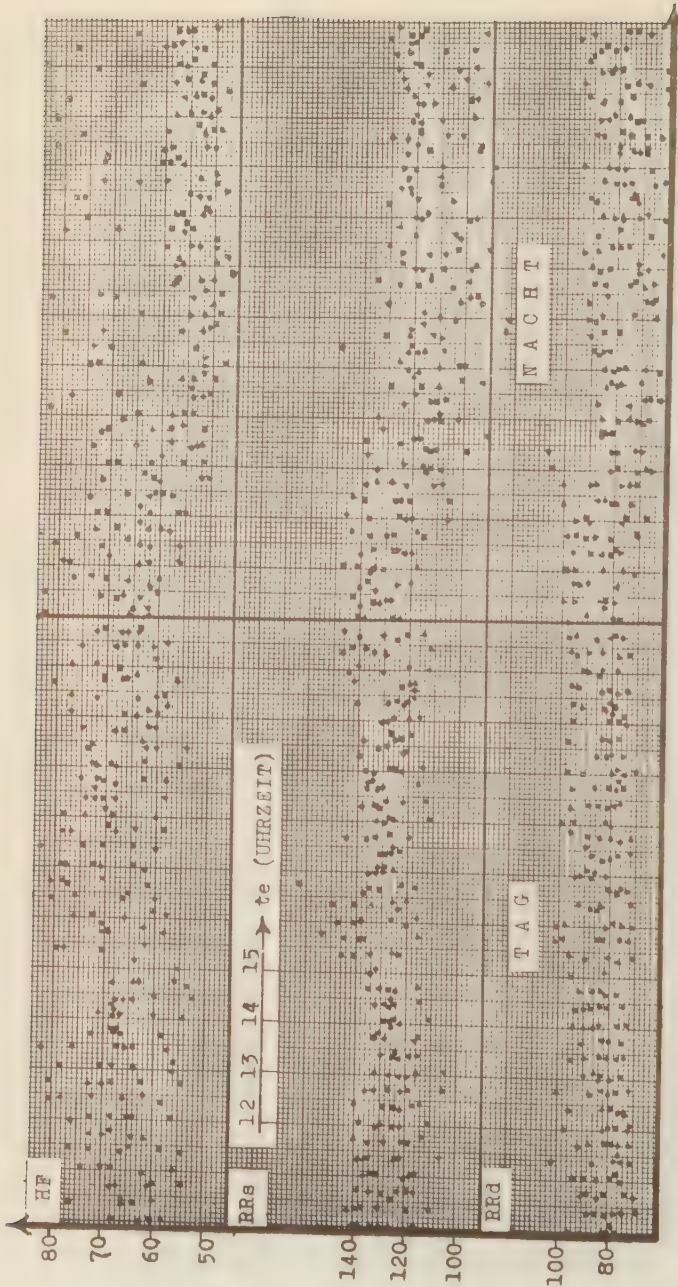
VERSUCHSREIHE 2

TAG: OPTISCHE  
STIMULATION  
REAKTION

NACHT: KEINE  
STIMULATION NOST

HF und EMI

ABBILDUNG 28



DARSTELLUNG DER  
ROHDATEN

VPN 1 - 6

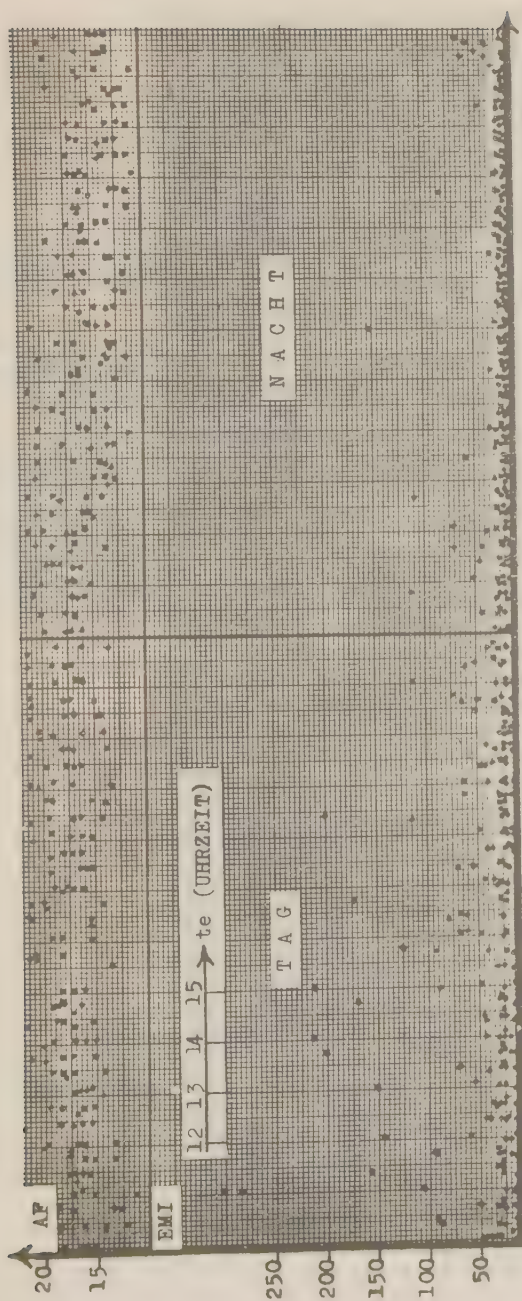
VERSUCHSREIHE 2

TAG: OPTISCHE  
STIMULATION  
NACHREAKTION

NACHT: KEINE  
STIMULATION NOST

RRs, RRd und HF

Abbildung 29



DARSTELLUNG DER  
ROHDATEN

VPN 1 - 6

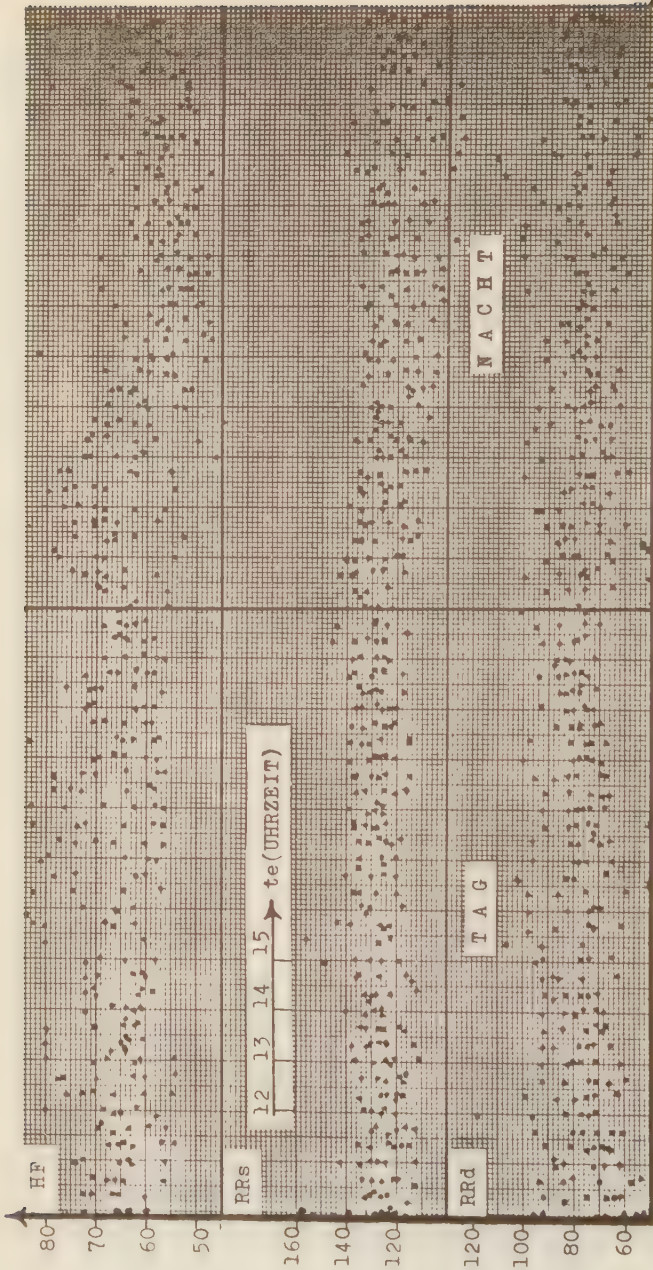
VERSUCHSREIHE 3

TAG: AKUSTISCHE  
STIMULATION 1  
NACHREAKTION

NACHT: AKUSTISCHE  
STIMULATION 2  
NACHREAKTION

AF und EMI

Abbildung 30



DARSTELLUNG DER  
ROHDATEN

VPN 1 - 6

VERSUCHSREIHE 3

TAG: AKUSTISCHE  
STIMULATION 1  
NACHREAKTION

NACHT: AKUSTISCHE  
STIMULATION 2  
NACHREAKTION

RRs, RRd und HF

Abbildung 31

## 6.5 LEBENS LAUF

Am 4.6.1941 wurde ich, Werner Herrmann, in Bardenberg geboren als Sohn des Maschinenbauingenieurs Heinrich Jacob Herrmann und seiner Ehefrau Helene, geborene Pütz.

Nach dem Besuch der Volksschule in Aachen und des Albert-Schweitzer-Gymnasiums in Marl legte ich dort 1962 die Reifeprüfung ab. Vom Sommersemester 1962 an studierte ich in Bonn Medizin; nach dem Physikum 1965 zusätzlich Psychologie als Zweitfach. Nach dem klinischen Studium in Bonn und Berlin legte ich im Juli 1968 in Bonn das Staatsexamen ab. Seit Oktober 1968 bin ich im Klinikum Westend der Freien Universität Berlin als Medizinalassistent tätig.



Herrn Professor von E l f f möchte ich für die Überlassung des Themas und Arbeitsplatzes danken und für die Unterstützung bei der Durchführung der Experimente.

Herrn Dr. J e s d i n s k y vom Institut für Medizinische Statistik in Freiburg danke ich für die Datenverarbeitung und alle Hilfen bei der Auswertung des Materials.









